

5

10

15

KREISKOLBEN-WÄRMEMOTOR-VORRICHTUNG

Die Erfindung betrifft eine Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung, zusammengesetzt aus zwei Einheiten mit jeweils zwei gegeneinander beweglich gelagerten Kolben, die in jeweils einem Zylinder drehbar gelagert sind, wobei die Längsachsen der Kolben und der Zylinder kollinear verlaufen, und die Kolben so gelagert sind, dass sie gegeneinander beweglich sind, wobei eine Mehrzahl wirksamer Hubräume zwischen jeweils zwei radialen Grenzflächen der beiden jeweiligen Kolben ausgebildet ist, die bei Betrieb des Motors mit Bezug aufeinander eine Schwingbewegung ausführen, wobei mindestens eine Einrichtung vorgesehen ist, die bewirkt, dass der Schwingbewegung eine Kreisbewegung beider Kolben überlagert ist, wobei jede Einheit eine jeweilige eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibende Welle enthält, und wobei eine Heizeinrichtung, eine Wärmespeichereinrichtung und eine Küleinrichtung in

Verbindung mit einem Rohrsystem vorgesehen sind, durch das Einlassschlitze und Auslassschlitze der Hubräume der Zylinder der Einheiten miteinander verbunden sind.

- 5 Als Kreiskolbenmotoren sind beispielsweise Wankel-Motoren bekannt. Bei diesen Motoren ist ein mit einer Mehrzahl abgerundeter Flächen ausgebildeter Kolben in einem Zylinder gelagert, dessen Innenwandung nicht kreisförmig ausgebildet ist, sondern eine Mehrzahl konkaver Aussparungen aufweist.
- 10 Die Brennkammern dieses Motors werden dabei jeweils zwischen den abgerundeten Flächen des Kolbens und entsprechenden Aussparungen des Zylinders gebildet. Der Nachteil des Wankelmotors ist vor allem sein komplizierter Zusammenbau, der einen hohen Fertigungsaufwand erfordert.
- 15 Ein weiteres Problem stellt die Abdichtung des Motors dar. Bereits sehr kleine Undichtheiten führen zu einer Verringerung der Motorleistung, zu einer Erhöhung der toxischen Anteile in den Abgasen und zu einem erhöhten Treibstoff- und Ölverbrauch.
- 20 Ein Kreiskolbenmotor der eingangs genannten Art ist aus DE 197 40 133.3-15 bekannt. Dieser Kreiskolbenmotor weist einen Hubraum bzw. Hubraum auf, der gegenüber demjenigen des Wankel-Motors vergrößert ist und den Vorteil ausweist,
- 25 daß seine Brennkammern leichtabdichtbar, leichtbefüllbar und entleerbar sind, und die Expansionsenergie der Verbrennungsgase bzw. Arbeitsgase zu einem hohen Anteil an kinetische Energie gewandelt wird.
- 30 Des Weiteren sind im Stand der Technik sogenannte Stirlingmotoren bekannt. Dabei handelt es sich um Wärmekraftmaschinen, bei denen mindestens ein in einem Zylinder reziprozierbar gelagerter Kolben durch Gase bewegt

- wird, deren Temperatur über eine Heizeinrichtung, eine Wärmespeichereinrichtung und eine Kühleinrichtung zyklisch verändert wird. Nachteilig bei derartigen Motoren sind Wärmeverluste, die aufgrund der zyklischen Temperaturänderungen der Gase in Verbindung mit schwer herbeiführbarer Abdichtbarkeit der Gase, aufgrund der in den Motoren vorherrschenden hohen Drücke. Die Lebensdauer derartiger Motoren ist darüberhinaus aufgrund einer hohen Belastung und damit verbundenen raschen Abnutzung der Motorenbauteile sehr begrenzt. Der Wirkungsgrad der meisten bisher bekannten Stirlingmotoren ist außerdem durch den Wirkungsgrad des Regenerators auf physikalische Weise begrenzt.
- 15 Aufgabe der Erfindung ist es, eine auf dem Prinzip des Stirlingmotors basierende Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, das eine Adaption an eine Mehrzahl unterschiedlicher Betriebszustände wie unterschiedliche Temperatur- und Druckverhältnisse in den Zylindern ermöglicht ist, so dass die Anwendungsmöglichkeiten der Vorrichtung erweitert sind. Dies ist gleichbedeutend mit der Aufgabe, eine Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass ein erhöhter Wirkungsgrad bei einem vorgegebenen Betriebszustand gegeben ist, d.h. mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum einen ein effektiverer Betrieb gegenüber den bekannten Vorrichtungen, zum anderen aber auch eine aktive Steuerung der Motorleistung ermöglicht ist.
- 30 Für einen Kreiskolbenmotor der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass ein Ausgleichselement vorgesehen ist, das bei einer möglichen Phasenverschiebung

bei der Taktung der beiden Einheiten einen Positionsausgleich der jeweiligen Kolben der beiden Einheiten bewirkt, um dadurch einen optimierten Phasengang zu bewirken.

5

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung wird dadurch, dass ein Ausgleichselement vorgesehen ist, das bei einer möglichen Phasenverschiebung bei der Taktung der beiden Einheiten einen Positionsausgleich der jeweiligen Kolben der beiden Einheiten bewirkt, um dadurch einen optimierten Phasengang zu bewirken, erreicht, dass eine Vorrichtung geschaffen ist, bei der über eine Phasenverschiebung der Taktung der betreffenden beiden Einheiten ein Drehmomentausgleich zwischen den beiden Einheiten ermöglicht ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist dabei weiterhin den wichtigen Vorteil gegenüber dem Stand der Technik auf, dass in vorherbestimmter Weise eine willkürliche Drehwinkel-Positionierung eines jeweiligen Kolbens der Einheiten ermöglicht ist, um so eine Optimierung des Wirkungsgrades bzw. der Leistung der Motor-Vorrichtung zu erlangen.

25

Im folgenden wird zuerst der Aufbau und die Funktion der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung erläutert, worauf sich eine Erläuterung des Aufbaus und der Funktion des beanspruchten Ausgleichselementes anschließt.

30

Im Vergleich zu herkömmlichen Stirlingmotoren weist der erfindungsgemäße Motor einen einfacheren konstruktiven Aufbau auf. Um die Motorsteuerung zu regeln, werden keine

- Teile wie Ventile, Nockenwelle oder Kurbelwelle benötigt. Alle wesentlichen Bauteile des Motors haben gut anschleifbare zylindrische Oberflächen und können mit hoher Präzision unter geringen Kosten hergestellt werden. Die
- 5 Abdichtung des Motors bereitet ebenfalls keine Probleme. Mit herkömmlichen Dichtungselementen kann eine nahezu absolute Dichtheit erreicht werden. Dadurch ist es möglich, die Fertigungskosten beträchtlich zu senken. Weitere Vorteile des Motors sind seine geringen Abmessungen, eine
- 10 besonders wirksame Ausgestaltung eines Regenerators, des Gasverlaufs und der Optimierungsmöglichkeiten durch Hubgeschwindigkeitsänderungen, und gezielte Ablaufstörungen.
- 15 Der erfindungsgemäße Motor ist ein in einem Kreisprozess arbeitender Drehkolbenmotor, der wahlweise mit einer Mehrzahl von Arbeitsräumen ausrüstbar ist.
- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des
- 20 erfindungsgemäßen Kreiskolbenmotors sind 2 Einheiten, bestehend aus Kolben, Zylinder und Zylinderstirnseiten durch eine Steuerungseinrichtung miteinander verbunden.
- Vorzugsweise sind dabei in jeder Einheit des
- 25 erfindungsgemäßen Motors zwei Kolben mit jeweils zwei Kolbenflügeln vorgesehen, wobei zwischen den jeweiligen Grenzflächen der insgesamt vier Kolbenflügel jeder Einheit vier Arbeitsräume gebildet sind, und bei einer Umdrehung der Arbeitswelle vier zweifache Arbeitsvorgänge vorgesehen
- 30 sind.
- Vorzugsweise werden bei dem erfindungsgemäßen Motor unterschiedliche Massen der Kolben durch Aussparungen

und/oder Zusatzmassen an den Kolben und/oder den Zahnrädern ausgeglichen. Dadurch wird die Laufruhe des Motors erhöht, sowie die Belastung der Bauteile gesenkt.

5 Vorzugsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Kreiskolbenwärmemotor bei jeder Einheit die Achse des einen Kolbens als Vollstange ausgebildet und die Achse des anderen Kolbens als Hohlstange ausgebildet, deren lichter Durchmesser so bemessen ist, daß die Vollstange des einen 10 Kolbens in ihr kollinear ausgerichtet beweglich gelagert ist. Dadurch wird erreicht, daß eine gegenseitige Beweglichkeit der beiden Kolben mit kollinear verlaufenden Achsen auf einfache und gleichzeitig robuste Weise hergestellt ist.

15

Die Einrichtung zum Bewirken einer der Schwingbewegung (ca. 60°) der Kolben überlagerten Kreisbewegung weist vorzugsweise sechs ovale Zahnräder auf, deren Hauptachsen jeweils paarweise senkrecht aufeinanderstehend angeordnet 20 sind. Dabei sind vorzugsweise jeweils zwei senkrecht aufeinanderstehende Ovalzahnräder jeweils einem Zylinder zugeordnet, und die zwei anderen senkrecht aufeinanderstehenden Ovalzahnräder einer Arbeitswelle zur Abgabe der Motorleistung zugeordnet. Die vier Ovalzahnräder 25 der Zylinder sind dabei jeweils mit entsprechenden, jeweils senkrecht auf ihnen stehend angeordneten Ovalzahnrädern der Arbeitswelle verbunden. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Achse des einen Kolbens mit einem ersten ovalen Zahnrad verbunden ist und die Achse des anderen Kolbens mit 30 einem zweiten ovalen Zahnrad verbunden ist, wobei diese ovalen Zahnräder kollinear hintereinander angeordnet sind und die Hauptachsen dieser ovalen Zahnräder senkrecht aufeinanderstehen. Dabei sind vorzugsweise das erste und

zweite ovale Zahnrad über ein drittes und vieres ovales Zahnrad miteinander verbunden, wobei das dritte und vierte ovale Zahnrad kollinear hintereinander auf einer Achse angeordnet sind, wobei die Hauptachsen des dritten und 5 vierten ovalen Zahnrades senkrecht aufeinanderstehen.

Vorzugsweise ist einer jeden Einheit eine Mehrzahl von Ein- und Auslassschlitzen zugeordnet.

- 10 Vorzugsweise weisen die beiden Zylinder des erfindungsgemäßen Motors unterschiedlich dimensionierte und unterschiedlich angeordnete Zylinderwandabschnitte zwischen den respektiven Einlaß- und Auslaßöffnungen auf. Bei einem ersten Zylinder des erfindungsgemäßen Motors ist
- 15 Vorzugsweise zwischen einem ersten Einlaßschlitz eines Einlaßschlitzpaars und einem ersten benachbarten Auslaßschlitz eines Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die nur wenige Winkelgrad umspannt, und zwischen demselben Einlaßschlitz des Einlaßschlitzpaars
- 20 und einem anderen Auslaßschlitz des Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die ca. 60 Winkelgrad umspannt.

Bei einem zweiten Zylinder des erfindungsgemäßen Motors ist
25 des Weiteren vorzugsweise zwischen einem ersten Einlaßschlitz eines Einlaßschlitzpaars und einem ersten benachbarten Auslaßschlitz eines Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die ca. 30 Winkelgrad umspannt, und zwischen demselben Einlaßschlitz des
30 Einlaßschlitzpaars und einem anderen Auslaßschlitz des Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die ebenfalls ca. 30 Winkelgrad umspannt.

Die Asymmetrie zwischen den Ein- und Auslaßöffnungen des ersten Zylinders und des zweiten Zylinders bewirkt bei dem erfindungsgemäßen Motor einen zeitkorrekten Transport des Arbeitsgases von einem Zylinder zum anderen. Dieser Vorgang
5 erzeugt die Arbeitsleistung des Motors.

Vorzugsweise ist die jeweilige Winkelposition der Schlitze so vorgesehen, daß sie jeweils mit der Position der jeweiligen Brennkammer übereinstimmt, die durch die
10 jeweiligen Grenzflächen der betreffenden Abschnitte der Kolbenflügel gebildet ist, so daß eine zeitlich korrekte Füllung bzw. Entleerung der Arbeitsräume bewirkt wird.

Die Grenzflächen der Kolben sind vorzugsweise jeweils
15 ebenfalls gradlinig ausgebildet, wobei zwischen benachbarten Teilen sich gegenüberstehender Grenzflächen der Kolben jeweils gleiche Abstände vorgesehen sind.

Mit der gradlinigen Ausbildung des Einlaßschlitzes und des
20 Auslaßschlitzes wird in Verbindung mit einer gradlinigen Ausbildung der Grenzflächen der Kolben ein Schwingverhalten der Kolben innerhalb des Zylinders bewirkt, bei dem die jeweiligen Arbeitskammern sich so ausdehnen, daß zuerst in einem ersten Takt der erste Kolben um ca. 60° in Richtung
25 vorwärts schwingt, und der zweite Kolben um ca. 120° in Richtung vorwärts schwingt, woraufhin in einem zweiten Takt der erste Kolben um ca. 120° in Richtung vorwärts schwingt und der zweite Kolben um ca. 60° in Richtung vorwärts schwingt.

30 Mit diesem Schwingverhalten einher geht eine Ausbildung des jeweils ersten und zweiten ovalen Zahnrades derart, daß das Verhältnis der Länge der Längsachse zur Länge der

Breitachse eines jeden Zahnrades ca. 1,7:1 beträgt. Alternativ ist es möglich, ein Zahnradpaar rund auszubilden, und im Ausgleich dazu das andere Zahnradpaar mit einem Verhältnis der Länge der Längsachse zu der Länge 5 der Breitachse von ca. 3,5:1 zu versehen.

Bei einer gewollten Veränderung des Hubwinkelbereichs muß eine Änderung der Ovalizität der Zahnräder vorgenommen werden, sowie die Ein- und Auslaßschlitze den 10 Kolbengrenzflächen angepaßt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Motor sind jeweils das erste und zweite ovale Zahnrad vorzugsweise über ein drittes und vierteres ovales Zahnrad miteinander verbunden, die kollinear 15 hintereinander auf einer Achse angeordnet sind und deren Hauptachsen senkrecht aufeinander stehen.

Bei dem erfindungsgemäßen Motor sind vorzugsweise die Grenzflächen der Kolben gradlinig ausgebildet derart, daß 20 zwischen benachbarten Teilen sich gegenüberstehender Grenzflächen der Kolben jeweils gleiche Abstände vorgegeben sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Motor ist die jeweilige 25 Winkelposition der Einlaßöffnungen vorzugsweise so vorgesehen, daß sie jeweils mit der Position des jeweiligen Hubraumes übereinstimmt, der durch die jeweiligen Grenzflächen der betreffenden Abschnitte der Kolbenflügel gebildet ist, so daß eine zeitlich korrekte Füllung der 30 Arbeitskammern bewirkt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Motor ist die jeweilige Winkelposition der Auslaßöffnungen vorzugsweise so

vorgesehen, daß sie jeweils mit der Position des jeweiligen Hubraumes übereinstimmt, der durch die jeweiligen Grenzflächen der betreffenden Abschnitte der Kolbenflügel gebildet ist, so daß eine zeitlich korrekte Entleerung der 5 Arbeitskammern bewirkt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Motor sind die beispielsweise vier gegeneinander beweglich gelagerten Kolben vorzugsweise in zwei unterschiedlichen Zylindern drehbar gelagert.

10

Bei dem erfindungsgemäßen Motor ist es zum Zweck einer effektiven und schnellen Wirkungsminderung bzw. Wirkungserhöhung entsprechend einer Kraftminderung oder 15 Kraftverhöhung des Motors vorteilhaft, zwischen einer heißen Leitung und einer kalten Leitung des erfindungsgemäßen Motors eine Überbrückungsleitung vorzusehen, die über eine Ventileinrichtung aktivierbar bzw. inaktivierbar ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des 20 erfindungsgemäßen Motors ist eine Rohrverbindungen zwischen den Hubräumen als Zweikreissystem ausgebildet.

Die Heißleitung und die Kaltleitung des Rohrsystems können bei dem erfindungsgemäßen Motor getrennt ausgeführt sein.

25

Der erfindungsgemäße Motor kann ohne zusätzliche Bauteile das Bauschema eines ventilsteuerten Stirlingmotors aufweisen.

30 Das Arbeitsgas nimmt bei dem erfindungsgemäßen Motor in einem jeweiligen Rohrabschnitt vorzugsweise immer die gleiche Flußrichtung ein.

Der erfindungsgemäße Motor ist unter Zuführung von mechanischer Energie als Wärmepumpe verwendbar.

Der erfindungsgemäße Motor ist darüberhinaus unter
5 Zuführung von mechanischer Energie auch als Kältemaschine verwendbar.

Der erfindungsgemäße Motor ist ebenfalls als
Vuilleumiermaschiene verwendbar.

10

Im folgenden werden Aufbau und Funktion bevorzugter Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Ausgleichselementes erläutert.

15 Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßem Vorrichtung ist vorgesehen, dass das Ausgleichselement diskret verstellbar ist. Dies hat den Vorteil, dass eine Phasenänderung der jeweiligen Kolben der beiden Einheiten mit einfachen konstruktiven Mitteln
20 durchführbar ist. Das Ausgleichselement kann dabei beispielsweise von einem um die Wellen der beiden Einheiten gelegten Zahnriemen gebildet sein, der für einen Ausgleichsvorgang um einen oder mehr Zähne verschiebbar gelagert ist.

25

Vorzugsweise ist das Ausgleichselement dabei von einer Fixierungseinrichtung gebildet, in der die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert
30 sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist. Dabei ist die Fixierungseinrichtung vorzugsweise von einem Getriebekasten

oder einer Halteplatte gebildet, in dem die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der 5 Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist.

Die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten sind vorzugsweise in einem 10 festen Winkel von 135° oder 125° zueinanderstehend angeordnet sind, wobei jeder Welle für jede dieser Winkelanordnungen eine betreffende Bohrung A, A' bzw. B, B' zugeordnet ist.

15 Gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass das Ausgleichselement kontinuierlich verstellbar ist. Dadurch ist eine sehr schnelle Phasenänderung der jeweiligen Kolben der beiden Einheiten und eine damit verbundene 20 Leistungsänderung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ermöglicht. Des weiteren ist dadurch eine Motorbremsung ermöglicht, indem mittels einer steuerbaren Verstelleinrichtung eine ausreichend große Fehl- Phasenverschiebung herbeigeführt wird.

25 Bei dieser Ausführungsform ist das Ausgleichselement vorzugsweise als zwei verschiebbare Rollen ausgebildet, die zwischen den beiden Drehkraftabgabeeinrichtungen der beiden Einheiten angeordnet sind und über einen Zahnriemen mit 30 den Drehkraftabgabeeinrichtungen treibend verbunden sind, wobei die verschiebbaren Rollen bei mutuell änderbarem Abstand in einer Richtung senkrecht zur Verbindungsgeraden der Drehkraftabgabeeinrichtungen reziprozierbar

verschiebbar sind. Die beiden verschiebbaren Rollen können insbesondere als Excenterrollen ausgeführt sein.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass ein erster
5 Einlassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars eines ersten Zylinders und ein erster Auslassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars des ersten Zylinders 1° bis 5° voneinander getrennt sind und ein
10 zweiter Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars in einem Winkelabstand von etwa 55° bis 95° voneinander getrennt
15 sind. Dadurch ist eine energieoptimierter Betrieb der erfundungsgemäßen Vorrichtung ermöglicht.

Insbesondere vorzugsweise sind ein erster Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars und ein erster Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars 4° voneinander getrennt.

Ebenfalls insbesondere vorzugsweise sind dabei ein zweiter
25 Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars in einem Winkelabstand von etwa 77° voneinander getrennt sind.
30

Vorzugsweise ist ebenfalls vorgesehen, dass ein erster Einlassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars eines zweiten Zylinders und

ein erster Auslassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars des zweiten Zylinders in einem Winkelabstand von etwa 25° bis 45° voneinander getrennt sind und ein zweiter Einlassschlitz 5 des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars in einem Winkelabstand von etwa 30° bis 60° voneinander getrennt sind, um einen 10 energieoptimierten Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu ermöglichen.

Insbesondere vorzugsweise sind ein erster Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten 15 Einlassschlitzpaars und ein erster Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars in einem Winkelabstand von etwa 34° voneinander getrennt.

Ebenfalls insbesondere vorzugsweise sind ein zweiter 20 Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars in einem Winkelabstand von etwa 47° voneinander getrennt.

25 Gemäß einer wichtigen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass alle Einlassschlitze und Auslassschlitze im Zylinderkopf eines jeweiligen Zylinders ausgebildet sind.

30 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die beiden Einheiten so angeordnet sind, dass ein Teil der

Einrichtung, von dem die Drehkraft des Kreiskolbenmotors abnehmbar ist, von beiden Einheiten betrieben ist, und eine Heizeinrichtung, eine Wärmespeichereinrichtung und eine Kühleinrichtung in Verbindung mit einem Rohrsystem vorgesehen sind, durch das Einlassschlitze und Auslassschlitze der Hubräume des mindestens einen Zylinders der Einheiten miteinander verbunden sind.

Die erfindungsgemäße Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung ist unter Zuführung von Rotationsenergie auf die Drehkraftabgabeeinrichtungen insbesondere auch für eine Verwendung als Wärmepumpe oder als Kältemaschinen geeignet.

Die erfindungsgemäße Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen erläutert, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Darin zeigen:

Fig.1 eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung einschließlich Wärmetauschern und Rohrverbindungen, in einer ersten Arbeitsstellung, in einer Querschnittsansicht;

Fig.1a die in Fig. 1 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer anderen Arbeitsstellung, ebenfalls in einer Querschnittsansicht;

Fig.2 die Zylinder der in Fig. 1 dargestellten Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer, teilweise gebrochenen Ansicht von schräg oben;

Fig.2a eine erste Kolbenhälfte eines Zylinders der in Fig. 1 dargestellten Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg unten;

- Fig.2b eine zweite Kolbenhälfte eines Zylinders der in Fig. 1 dargestellten Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg oben;
- 5 Fig.3 ein funktionales Blockdiagramm der in Fig. 1 dargestellten Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung;
- Fig.4 eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer ersten Arbeitsstellung, in einer Querschnittsansicht;
- 10 Fig.4a die in Figur 4 dargestellte erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer anderen Arbeitsstellung, in einer Querschnittsansicht;
- Fig.5 die beiden Zylinder einer erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung gemäß Fig. 1
- 15 oder Fig. 4, in einer Querschnittsansicht, aus der die relative Lage der Kolbenwellen und der Drehkraftabgabeeinrichtung erkennbar ist;
- Fig.6 eine Tabelle mit Anlagen 1 bis 4, aus der die Zustandsänderungen des Arbeitsgases während eines
- 20 Schwingzyklusses der Motorvorrichtung ersichtlich sind;
- Fig.7 eine erste Anlage zur in Figur 6 dargestellten Tabelle zur Verdeutlichung der Taktung eines Arbeitsgases;
- 25 Fig.8 eine weitere Anlage zur in Figur 6 dargestellten Tabelle zur Verdeutlichung der Taktung eines Arbeitsgases;
- Fig.9 eine weitere Anlage zur in Figur 6 dargestellten Tabelle zur Verdeutlichung der Taktung eines
- 30 Arbeitsgases;
- Fig.10 eine weitere Anlage zur in Figur 6 dargestellten Tabelle zur Verdeutlichung der Taktung eines Arbeitsgases;

- Fig.11 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von hinten;
- 5 Fig.12 eine zweite bevorzugte Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg vorne; observiere dabei Welle 5
- Fig.12A die Wellen der in Figur 12 dargestellten
10 bevorzugten Ausführungsform der diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von hinten; observiere dabei Welle 5
- Fig.13 eine erste bevorzugte Ausführungsform einer
15 kontinuierlichen Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von hinten;
- Fig.14 die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen eines ersten Zylinders der
20 erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht in Richtung des Pfeils P in Figur 13;
- Fig.14A die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen des ersten Zylinders der
25 erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Querschnittsansicht;
- Fig.14B die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen des ersten Zylinders der
erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht in Richtung des Pfeils P' in Figur 13;
- 30 Fig.15 die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen eines zweiten Zylinders der

erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht in Richtung des Pfeils P in Figur 13;

Fig.15A die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen des zweiten Zylinders der erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Querschnittsansicht;

Fig.15B die Zylinderköpfe einschließlich Einlassschlitzen und Auslassschlitzen des zweiten Zylinders der erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht in Richtung des Pfeils P' in Figur 13;

Fig.16 eine Temperatur-Einheit TA der in Figur 11 dargestellten bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Querschnittsansicht;

Fig.17 die Einheiten I und II einschließlich Ausgleichselement (Riemen 120 einschließlich Riemenräder 32, 32') der in Figur 11 dargestellten bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg hinten;

Fig.18 die Einheiten I und II mit ihren jeweiligen miteinander thermisch gekoppelten Temperatur-Einheit TA und TB der in Figur 11 dargestellten bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäß Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von vorne;

Fig.18a die Einheiten I und II mit ihren jeweiligen miteinander thermisch gekoppelten Temperatur-Einheit TA und TB der in Figur 11 dargestellten

bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von oben;

- 5 Fig.18b die Einheiten I und II mit ihren jeweiligen miteinander thermisch gekoppelten Temperatur-Einheit TA und TB der in Figur 11 dargestellten bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen
10 Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Seitenansicht;
- Fig.19 eine Einheit II der Temperatur-Einheit TB einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Explosionsansicht;
15 Fig.20 eine Einheit I einer Temperatur-Einheit TA einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg oben;

20 Bei der in den Figuren 1 bis 10 dargestellten erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung 100 sind zwei Kolben 1, 2 in einem Zylinder 3 drehbar gelagert, wobei die Symmetrieachsen 14, 15 des Kolbens 1, des Kolbens
25 2 und des Zylinders 3 kollinear ausgerichtet sind. Die Achse 6 des einen Kolbens 1 ist dabei als Vollstange 6 ausgebildet, und die Achse 7 des anderen Kolbens 2 ist dabei als Hohlstange ausgebildet, deren lichter Durchmesser so bemessen ist, daß die Vollstange 6 drehbar in der
30 Hohlstange 7 gelagert ist. Die Kolben 1, 2 weisen jeweils Grenzflächen 10, 20 auf, wobei zwischen benachbarten Teilen sich gegenüberstehender Grenzflächen 10, 20 jeweils gleiche Abstände vorgegeben sind. Zwischen den jeweiligen

Grenzflächen 10, 20 ist eine Mehrzahl wirksamer Hubräume 8, 9, 11, 12 ausgebildet, die nach außen durch den Zylinder 3, und an den Enden durch den Zylinderkopf 33 und die Abdeckplatte 30 begrenzt sind.

5

- Desweiteren sind bei der in den Figuren 1 bis 6 dargestellten erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung 100 zwei Kolben 1', 2' in einem Zylinder 3' drehbar gelagert, wobei die Symmetriearchsen 14', 15' des 10 Kolbens 1', des Kolbens 2' und des Zylinders 3' kollinear ausgerichtet sind. Die Achse 6' des einen Kolbens 1' ist dabei als Vollstange 6' ausgebildet, und die Achse 7' des anderen Kolbens 2' ist dabei als Hohlstange ausgebildet, deren lichter Durchmesser so bemessen ist, daß die 15 Vollstange 6' drehbar in der Hohlstange 7' gelagert ist. Die Kolben 1', 2' weisen jeweils Grenzflächen 10', 20' auf, wobei zwischen benachbarten Teilen sich gegenüberstehender Grenzflächen 10', 20' jeweils gleiche Abstände vorgegeben sind. Zwischen den jeweiligen 20 Grenzflächen 10', 20' ist eine Mehrzahl wirksamer Hubräume 8', 9', 11', 12' ausgebildet, die nach außen durch den Zylinder 3', und an den Enden durch den Zylinderkopf 33' und die Abdeckplatte 30' begrenzt sind.
- 25 Die beiden Zylinder der erfindungsgemäßen Motorvorrichtung weisen unterschiedlich dimensionierte und unterschiedlich angeordnete Zylinderwandabschnitte zwischen den respektiven Einlaß- und Auslaßöffnungen auf. Bei einem ersten Zylinder des erfindungsgemäßen Motors ist zwischen einem ersten 30 Einlaßschlitz eines Einlaßschlitzpaars und einem ersten benachbarten Auslaßschlitz eines Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die nur wenige Winkelgrad umspannt, und zwischen demselben Einlaßschlitz des

Einlaßschlitzpaars und einem anderen Auslaßschlitz des Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die ca. 60 Winkelgrad umspannt.

- 5 Bei einem zweiten Zylinder der erfindungsgemäßen Motorvorrichtung ist zwischen einem ersten Einlaßschlitz eines Einlaßschlitzpaars und einem ersten benachbarten Auslaßschlitz eines Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die nur ca. 30 Winkelgrad umspannt, und
- 10 zwischen demselben Einlaßschlitz des Einlaßschlitzpaars und einem anderen Auslaßschlitz des Auslaßschlitzpaars eine Zylinderwand vorgesehen, die auch ca. 30 Winkelgrad umspannt.
- 15 Die Asymmetrie zwischen den Ein- und Auslaßöffnungen des ersten Zylinders und des zweiten Zylinders bewirken einen zeitkorrekten Transport des Arbeitsgases von einem Zylinder zum anderen derart, daß der Motor eine Arbeitsleistung zu liefern in der Lage ist.
- 20 Eine in der Figur 2 dargestellte Einrichtung 110 bewirkt bei der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung 100, daß der Schwingbewegung der Kolben 1 und 2, sowie der Kolben 1' und 2', eine Kreisbewegung überlagert wird.

Die Einrichtung 110 weist sechs ovale Zahnräder 101, 102, 103, 104, 101' und 104' auf, deren Hauptachsen 111, 112, 113, 114, 111' und 114' jeweils paarweise senkrecht 30 aufeinanderstehend angeordnet sind. Bei der Einrichtung 110 ist die Achse 7 des anderen Kolbens 2 mit einem ersten ovalen Zahnrad 101 verbunden, und die Achse 6 des einen Kolbens 1 mit einem zweiten ovalen Zahnrad 104 verbunden,

wobei diese ovalen Zahnräder 101, 104 kollinear hintereinander angeordnet sind und die Hauptachsen 111, 114 dieser ovalen Zahnräder 101, 104 senkrecht aufeinanderstehend angeordnet sind. Das erste ovale Zahnrad 5 101 und das zweite ovale Zahnrad 104 sind dabei über ein drittes ovales Zahnrad 102 und ein vierter ovales Zahnrad 103 miteinander verbunden, wobei die Zahnräder 102 und 103 kollinear hintereinander auf einer Welle 5 angeordnet sind, wobei die jeweiligen Hauptachsen 112, 113 der Zahnräder 10 102, 103 senkrecht aufeinanderstehend angeordnet sind.

Desweiteren ist bei der Einrichtung 110 die Achse 7' des anderen Kolbens 2' mit einem ersten ovalen Zahnrad 101' verbunden, und die Achse 6' des einen Kolbens 1' mit einem 15 zweiten ovalen Zahnrad 104' verbunden, wobei diese ovalen Zahnräder 101', 104' kollinear hintereinander angeordnet sind und die Hauptachsen 111', 114' dieser ovalen Zahnräder 101', 104' senkrecht aufeinanderstehend angeordnet sind. Das erste ovale Zahnrad 101' und das zweite ovale Zahnrad 20 104' sind dabei über ein drittes ovales Zahnrad 102 und ein vierter ovales Zahnrad 103 miteinander verbunden, wobei die Zahnräder 102 und 103 kollinear hintereinander auf einer Welle 5 angeordnet sind, wobei die jeweiligen Hauptachsen 112, 113 der Zahnräder 102, 103 senkrecht 25 aufeinanderstehend angeordnet sind.

Mit einer solchen Anordnung werden die Zahnräder 102 und 103, sowie die Wellen 5', 5'' der beiden Einheiten (Zylinder 3, und 3') betrieben. Die weiter oben bezeichnete 30 Welle 5 ist dabei in zwei getrennten Temperatureinheiten dargestellt, und deshalb in einer ersten Temperatureinheit als Welle 5' und in einer zweiten Temperatureinheit als Welle 5'' bezeichnet.

Eine solche Anordnung trifft beispielsweise auf einen Zusammenbau zu, wie er in Figuren 3, 12 und 12a dargestellt ist.

- 5 Eine weitere Art des Zusammenbaus ist in den Figuren 11, 13 und 16 bis 18b dargestellt. Hierbei werden 8 als Ovalzahnräder ausgeführte unrunde Zahnräder (101, 102, 103, 104, 101', 102', 103', 104') über die Wellen 5' und 5'', sowie über ein Verbindungsglied (Kupplung, Zahnriemen, 10 Kette o. ä.) miteinander verknüpft

Die ovalen Zahnräder 101 bis 104 sowie 101' und 104' weisen bezüglich der Länge ihrer Längsachsen zu der ihrer Querachsen ein Verhältnis von 1,7/1 auf.

- 15 Bei Betrieb der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung 100 bewirkt eine Expansion eines aufgeheizten Arbeitsgases beispielsweise in dem Hubraum 9 des Zylinders 3 eine Bewegung der Kolben 1, 2 in Richtung voneinander 20 fort. Das mit der Achse 7 des Kolbens 2 verbundene ovale Zahnräder 101 bewegt sich dabei in der Richtung desjenigen Pfeiles, der in der Fig. 2 auf seiner Oberfläche dargestellt ist. In der in Fig. 2 dargestellten Ausgangsposition bewirkt eine Drehung des Zahnrades 104 um 25 eine kleine Winkelauslenkung eine relativ große Winkelauslenkung des auf der Welle 5 angeordneten Zahnrades 103. Das ebenfalls auf der Welle 5 angeordnete Zahnräder 102 überträgt diese Bewegung auf das mit einer weiteren Vergrößerung der Winkelauslenkung der Achse 7 des Kolbens 2 30 verbundene Zahnräder 101.

Die unterschiedliche, sich wechselnde lokale Kraftübertragung der Zahnräder 101 rsp. 104 bewirkt dabei,

daß sich der Schwingbewegung der Kolben 1, 2 eine Kreisbewegung überlagert. Die Arbeitswelle 5 rotiert mit der durchschnittlichen Drehzahl der beiden Kolben 1 und 2. An der Verlängerung der Arbeitswelle 5 bzw. 5' oder 5'' ist 5 die Rotationsenergie des Motors mit konstanter Winkelgeschwindigkeit abnehmbar. An der Verlängerung der Welle 6 ist die Rotationsenergie des Motors mit sich pro Umdrehung vier mal ändernder Winkelgeschwindigkeit abnehmbar, wie dies beispielsweise zum Betreiben von 10 Kompressoren wünschenswert ist.

Entsprechendes gilt für die Einheit des Zylinders 3'.

Fig. 1 und 1a zeigen eine Ausführungsform der 15 erfindungsgemäßen Motorvorrichtung, bei dem zwei Zylinder 3, 3' mit jeweiligen Kolbenpaaren 1, 2 bzw. 1', 2' über ein entsprechendes Rohrsystem 201, 201', 202, 202', 203, 203' und 204, 204' über einen Erhitzer 300, einen Kühler 400 und einen Regenerator bzw. Wärmetauscher 200 miteinander 20 gekoppelt sind.

Zu Beginn eines Arbeitszyklus strömt von dem Erhitzer 300 erhitztes Arbeitsgas über das Rohrsystem 202, 202' in die Einlaßöffnungen 130, 130' des Zylinders 3. Das heiße 25 Arbeitsgas strömt anschließend in den Zwischenraum zwischen den Kolben 1, 2, wodurch diese Kolben auseinandergedrückt werden. Dadurch wird der Zwischenraum zwischen den Kolbenflächen der Kolben 1, 2, die sich in der Nachbarschaft der Auslaßöffnungen 140, 140' des Zylinders 3 befinden, zusammengedrückt, so daß das dort befindliche 30 Arbeitsgas über das Rohrsystem 203, 203' entweicht. Über das Rohrsystem 203, 203' gelangt das aus dem Zylinder 3 ausgetretene Arbeitsgas über einen Wärmetauscher 200, an

den es seine Wärme abgibt, über einen Kühler 400, an dem es weiter abgekühlt wird, in das Rohrsystem 204, 204' des Zylinders 3'.

- 5 Von dem Rohrsystem 204, 204' gelangt das nunmehr abgekühlte Arbeitsgas über die Einlaßöffnungen 131, 131' des Zylinders 3' in die in der Nachbarschaft dieser Einlaßöffnungen befindlichen Zwischenräume zwischen den Kolben 1' und 2', wobei diese Kolbenzwischenräume vergrößert werden, und die
 - 10 Zwischenräume, die an die jeweils gegenüberliegenden Kolbenflächen der Kolben 1', 2' angrenzen, verkleinert werden, so daß das sich dort befindliche Arbeitsgas über die Auslaßöffnungen 141, 141' aus dem Zylinder 3' in das Rohrsystem 201, 201' gepreßt wird. Über das Rohrsystem 201,
 - 15 201' strömt dieses Arbeitsgas weiter durch den Regenerator bzw. Wärmetauscher 200, wo es Wärme von demjenigen Arbeitsgas aufnimmt, das aus dem Rohrsystem 203, 203' durch den Wärmetauscher 200 strömt.
 - 20 Nach Austritt aus dem Wärmetauscher 200 fließt das aus dem Rohrsystem 201, 201' stammende, nunmehr erwärmte Arbeitsgas weiter durch einen Erhitzer 300, in dem es weiter aufgeheizt wird. Von dort fließt es in das Rohrsystem 202, 202', von wo sich der Zyklus wiederholt.
- 25 Bei dem in Fig. 4 und 4a dargestellten erfindungsgemäßen Stirlingmotor sind zwei Zylinder 3, 3' über ein entsprechendes Rohrsystem über zwei Erhitzer 300 bzw. 300', zwei Regenatoren bzw. Wärmetauscher 200, 200' und zwei
- 30 Kühler 400 bzw. 400' miteinander gekoppelt.

Zu Beginn eines Rotationszyklus dieses Motors strömt von den jeweiligen Erhitzern 300, 300' aufgeheiztes Arbeitsgas

über die jeweiligen Rohre 202, 202' in die Einlaßöffnungen 130, 130' des Zylinders 3. Über die Einlaßöffnungen 130, 130' tritt das heiße Arbeitsgas in die darunter befindlichen Zwischenräume zwischen den Kolben 1, 2 ein,
5 und drückt diese Kolben auseinander. Dadurch werden die durch die jeweils gegenüberliegenden Kolbenflächen 10, 20 gebildeten Zwischenräume zwischen den Kolben 1, 2 zusammengedrückt, und das sich dort befindliche Arbeitsgas wird über die Auslaßöffnungen 140, 140' in die jeweiligen.
10 Rohre 203, 203' gedrückt.

Das in das Rohr 203 gedrückte Arbeitsgas gelangt in Folge über den Regenerator 200 und den Kühler 400 in das Rohr 204, das in die Einlaßöffnung 131 des Zylinders 3' mündet,
15 und das in das Rohr 203' gedrückte Arbeitsgas gelangt über den Regenerator 200' und den Kühler 400' in das Rohr 204', das in die Einlaßöffnung 131' mündet. Das in die Einlaßöffnung 131 des Zylinders 3' eintretende Arbeitsgas hat somit einen Teil seiner Wärme an den Regenerator 200
20 abgegeben und ist anschließend vom Kühler 400 weiter abgekühlt worden, so daß es an der Einlaßöffnung 131 mit einer gegenüber dem Rohr 203 stark erniedrigten Temperatur vorliegt.

25 Das an der Einlaßöffnung 131' anliegende Arbeitsgas hat einen Großteil seiner Wärme an den Regenerator 200' abgegeben und ist anschließend von dem Kühler 400' weiter abgekühlt worden, so daß es an der Einlaßöffnung 131' des Zylinders 3' gegenüber dem Rohr 203' in stark abgekühlter
30 Form vorliegt. Über die Einlaßöffnungen 131, 131' des Zylinders 3' tritt somit kaltes Arbeitsgas in die unterhalb dieser Einlaßöffnungen befindlichen Zwischenräume zwischen den Kolben 1' und 2', wobei die Zwischenräume zwischen

diesen Kolben vergrößert werden und die jeweils durch die gegenüberliegenden Kolbenflächen 10', 20' der Kolben 1', 2' gebildeten Zwischenräume, die sich unterhalb der Auslaßöffnungen 141, 141' des Zylinders 3' befinden,
5 verkleinert werden. Durch das Zusammendrücken dieser Kolbenzwischenräume werden die sich darin befindlichen Arbeitsgase über die Auslaßöffnungen 141, 141' in das Rohr 201 bzw. in das Rohr 201' gedrückt.

10 Das sich in dem Rohr 201 befindliche Arbeitsgas wird zuerst von dem Regenerator 200 vorgewärmt und anschließend von dem Erhitzer 300 aufgeheizt, von wo es in das Rohr 202 gelangt. Das in dem Rohr 201' befindliche Arbeitsgas wird von dem Regenerator 200' vorgewärmt und anschließend von dem
15 Erhitzer 300' aufgeheizt, von wo es in das Rohr 202' gelangt. In Folge wiederholt sich der oben geschilderte Zyklus.

Der Betriebsablauf erfolgt bei den in Fig. 1 sowie 1a und
20 Fig. 4 sowie 4a dargestellten erfindungsgemäß Motorvorrichtungen in identischer Weise. Prinzipiell durchläuft das in dem Rohrsystem und den Zylindern befindliche Arbeitsgas dabei vier Zustandsänderungen, die durch entsprechende Arbeitszyklen der Kolben der Zylinder
25 3, 3' vorgegeben sind.

In einem ersten Arbeitszyklus des erfindungsgemäß Motors wird in den jeweiligen Zwischenräumen zwischen den Kolben 1, 2, 1', 2' der Zylinder 3, 3' Arbeitsgas durch eine
30 Aufeinanderzubewegung der jeweiligen Kolben komprimiert.

In einem zweiten Arbeitszyklus des erfindungsgemäß Motors wird das so erhitzte Arbeitsgas, das über die Auslaßöffnung

141 des Zylinders 3' in das Rohr 201 bzw. über die Auslaßöffnung 141' des Zylinders 3' in das Rohr 201' gedrückt worden ist, von den Regeneratoren 200' bzw. 200 und den Erhitzern 300' bzw. 300 weiter aufgeheizt, wodurch
5 der in dem Arbeitsgas vorherrschende Druck weiter gesteigert wird. In dem Rohr 202 hinter dem Erhitzer 300 bzw. in dem Rohr 202' hinter dem Erhitzer 300' herrscht deshalb ein insgesamt maximaler Druck des Arbeitsgases in dem gesamten Rohrsystem.

10

Durch die Einlaßöffnungen 130 , 130' tritt deshalb unter hohem Druck stehendes Arbeitsgas in den Zylinder 3 ein und gelangt zwischen entsprechende Zwischenräume zwischen den Kolben 1, 2 und drückt diese Kolben mit hohem Druck
15 auseinander. Dies entspricht einem dritten Arbeitszyklus des erfindungsgemäßen Motors. Die Wärmeenergie des Arbeitsgases wird in diesem Arbeitszyklus des erfindungsgemäßen Motors durch ein Auseinanderdrücken der Zwischenräume zwischen den Kolben 1, 2 des Zylinders 3 in
20 Rotationsenergie dieser Kolben umgewandelt. Das Arbeitsgas kühlt dabei in einer dritten Zustandsänderung ab.

In einem vierten Arbeitszyklus des erfindungsgemäßen Motors wird das so entspannte Arbeitsgas über die Auslaßöffnungen
25 140, 140' aus dem Zylinder 3 herausgedrückt, indem die entsprechenden Zwischenräume zwischen den Kolben 1, 2 aufgrund einer Expansion der in Drehrichtung des Motors folgenden Zwischenräume zwischen diesen Kolben zusammengedrückt werden. Das Arbeitsgas erfährt daraufhin
30 eine vierte Zustandsänderung, indem es von den Regeneratoren 200 und 200' und den Kühlern 400 und 400' weiter abgekühlt wird, so daß es in den Rohren 204 und 204' in einem stark abgekühlten Zustand vorliegt.

Mit dem Zeitpunkt des Eintrittes in die Einlaßöffnungen 204' und 204 und nach Eintritt in die Einlaßöffnungen 204' und 204 wird das Arbeitsgas wieder komprimiert.

- 5 Der Zustand des Arbeitsgases, definiert durch seinen Druck und seine Temperatur, ist in der Tabelle 1 übersichtlich summarisch zusammengefaßt.

Für eine schnelle Wirkungsminderung bzw. Wirkungserhöhung 10 entsprechend einer Kraftminderung oder Krafterhöhung des erfindungsgemäßen Motors ist es möglich, zwischen einer heißen Leitung und einer kalten Leitung des erfindungsgemäßen Motors eine Überbrückungsleitung über ein Ventil zu aktivieren bzw. zu inaktivieren.

15 Fig. 2 und Fig. 5 zeigen eine schematische Darstellung der räumlichen Anordnung der Wellen 6, 7 bzw. 6', 7' bzw. Achsen der Zylinder 3, 3' und der Arbeitswelle 105 des erfindungsgemäßen Motors. Um einen zeitkorrekten Transport 20 des Arbeitsgases von einem Zylinder zum anderen zu erreichen, bei dem der erfindungsgemäße Motor eine Arbeitsleistung liefert, sind die Achsen der beiden Zylinder so angeordnet, daß sie mit der Achse der Arbeitswelle, von der die Motorleistung abnehmbar ist, ein 25 gleichschenkliges Dreieck bilden, wobei der Winkel zwischen den Katheten ca. 135° beträgt und der Winkel der Hypotenuse zu einer Kathete ca. 22,5° beträgt.

In den Figuren 11 bis 20 ist der Aufbau und die Funktion 30 des erfindungsgemäßen Ausgleichselementes dargestellt.

Bei der in den Figuren 11 bis 12A dargestellten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Ausgleichselement diskret verstellbar.

- 5 Wie in den Figuren 1 und 1A dargestellt ist das Ausgleichselement dabei von einem um die Wellen der beiden Einheiten gelegten Zahnriemen gebildet, der für einen Ausgleichsvorgang um einen oder mehr Zähne verschiebbar gelagert ist.

10

- Wie Figur 2 zeigt, ist das Ausgleichselement von einer Fixierungseinrichtung gebildet, in der die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist.

- Die Fixierungseinrichtung wiederum ist von einem Getriebekasten gebildet, in dem die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist.

- Wie in den Figuren 12 und 12A dargestellt sind die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung treibenden Wellen der Einheiten in einem festen Winkel von 135° zueinanderstehend angeordnet, wobei jeder Welle für jede dieser Winkelanordnungen eine betreffende Bohrung A, A' zugeordnet ist. Die Bohrungen B, B' betreffen einen anderen Winkel von in diesem Fall 120°.

Bei der in den Figuren 13 bis 15A dargestellten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist das Ausgleichselement kontinuierlich verstellbar.

- 5 Das Ausgleichselement ist dabei als zwei verschiebbare Rollen ausgebildet, die zwischen den beiden Drehkraftabgabeeinrichtungen der beiden Einheiten angeordnet sind und über einen Zahnriemen mit den Drehkraftabgabeeinrichtungen treibend verbunden sind, wobei
- 10 die verschiebbaren Rollen bei mutuell änderbarem Abstand in einer Richtung senkrecht zur Verbindungsleitung der Drehkraftabgabeeinrichtungen reziprozierbar verschiebbar sind.
- 15 Wie in Figur 14 dargestellt sind ein erster Einlassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars eines ersten Zylinders und ein erster Auslassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars des ersten Zylinders 4° voneinander getrennt, und ein zweiter Einlassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars sind in einem Winkelabstand von etwa
- 20 77° voneinander getrennt.
- 25

Wie in Figur 14A dargestellt sind ein erster Einlassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars eines zweiten Zylinders und ein erster Auslassschlitz eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars des zweiten Zylinders in einem Winkelabstand von etwa 35° voneinander getrennt, und ein zweiter Einlassschlitz des sich diametral

gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars und ein zweiter Auslassschlitz des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars sind in einem Winkelabstand von etwa 47° voneinander getrennt.

5

Alle Einlassschlitze und Auslassschlitze sind dabei im Zylinderkopf eines jeweiligen Zylinders ausgebildet.

Die beiden Einheiten sind so angeordnet, dass ein Teil der
10 Einrichtung, von dem die Drehkraft des Kreiskolbenmotors abnehmbar ist, von beiden Einheiten betrieben ist, und eine Heizeinrichtung, eine Wärmespeichereinrichtung und eine Kühleinrichtung in Verbindung mit einem Rohrsystem vorgesehen sind, durch das Einlassschlitze und
15 Auslassschlitze der Hubräume des mindestens einen Zylinders der Einheiten miteinander verbunden sind.

Figur 16 zeigt eine Temperatur-Einheit TA der in Figur 11 dargestellten, zwei entsprechende Temperatur-Einheiten TA,
20 TB aufweisenden bevorzugten Ausführungsform einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Querschnittsansicht. Diese Einheit weist dabei vier Ovalzahnräder auf, nämlich die miteinander kämmenden Ovalzahnräder 103, 104 sowie die
25 miteinander kämmenden Ovalzahnräder 101, 102. Die Welle 6 ist einstückig mit dem Kolben 1 ausgebildet. Die Ovalzahnräder 102 und 103 sind dabei auf einer Welle 5' angeordnet. Das Ovalzahnrad 101 ist drehfest mit dem Kolben 2 verbunden, und das Ovalzahnrad 104 ist über die Welle 6
30 drehfest mit dem Kolben 1 verbunden. Die betreffenden Kolben sind in den Figuren 2a und 2b im Detail dargestellt. Die Getriebezahnräder 101, 102, 103 und 104 sind in einem Getriebekasten 28 derart untergebracht, dass diese

Zahnräder miteinander kämmen, und auch die Getriebezahnräder 101', 102', 103' und 104' sind in einem Getriebekasten 28' derart untergebracht, dass diese Zahnräder miteinander kämmen.

5

Der Arbeitsablauf ist dabei entsprechend demjenigen, wie er in den Figuren 1 bis 10 mit Ausnahme der Figur 2 dargestellt ist.

- 10 Fig.17 zeigt die Einheiten I und II einschließlich des als Riemen 120 ausgebildeten Ausgleichselement einschließlich Riemenräder 32, 32' der in Figur 11 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der diskreten Verstell-einrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-
- 15 Vorrichtung in einer Ansicht von schräg hinten, und Fig.18 zeigt dabei die Einheiten I und II mit ihren jeweiligen miteinander thermisch gekoppelten Temperatur-Einheit TA und TB in einer Ansicht von vorne.
- 20 Fig.18 zeigt die Einheiten I und II mit ihren jeweiligen miteinander thermisch gekoppelten Temperatur-Einheit TA und TB in einer Ansicht von vorne, Fig.18a zeigt dieselben Einheiten I und II in einer Ansicht von oben und Fig.18b zeigt dieselben Einheiten I und II in einer Seitenansicht.
- 25 Im Bereich der Öffnungsschlitz 131, 131'; 141, 141' eines Zylinderdeckels 33 sowie der Öffnungsschlitz 130, 130'; 140, 140' eines Zylinderdeckels 33' sind dabei über Gaskommunikationsverbindungen 300, 400 miteinander verbunden.
- 30 Fig.19 zeigt eine Einheit II der Temperatur-Einheit TB einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Explosions-

ansicht und Fig.20 zeigt eine Einheit I einer Temperatur-Einheit TA einer diskreten Verstelleinrichtung der erfindungsgemäßen Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung in einer Ansicht von schräg oben.

5

Die oben erläuterten Ausführungsbeispiele der Erfindung dienen lediglich dem Zweck eines besseren Verständnisses der durch die Ansprüche definierten erfindungsgemäßen Lehre, die als solche durch die Ausführungsbeispiele nicht 10 eingeschränkt ist.

* * * *

15

20

25

30

Patentansprüche

1. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung (100), zusammengesetzt aus zwei Einheiten (I, II) mit jeweils zwei gegeneinander beweglich gelagerten Kolben (1, 2), die in jeweils einem Zylinder (3, 3') drehbar gelagert sind, wobei die Längsachsen (4, 4') der Kolben (1, 2) und der Zylinder (3, 3') kollinear verlaufen, und die Kolben (1, 2) so gelagert sind, dass sie gegeneinander beweglich sind, wobei eine Mehrzahl wirksamer Hubräume (8, 9, 11, 12) zwischen jeweils zwei radialen Grenzflächen (10, 20) der beiden jeweiligen Kolben (1, 2) ausgebildet ist, die bei Betrieb des Motors (100) mit Bezug aufeinander eine Schwingbewegung ausführen, und mindestens eine Einrichtung (110) vorgesehen ist, die bewirkt, dass der Schwingbewegung eine Kreisbewegung beider Kolben (1, 2) überlagert ist, wobei jede Einheit eine jeweilige eine Drehkraftabgabeeinrichtung (5 bzw. 5', 5'') treibende Welle (6, 6') enthält, und wobei eine Heizeinrichtung, und eine Kühleinrichtung in Verbindung mit einem Rohrsystem vorgesehen sind, durch das Einlassschlitze (130, 130'; 131, 131') und Auslassschlitze (140, 140'; 141, 141') der Hubräume der Zylinder (3, 3') der Einheiten (I, II) miteinander verbunden sind, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein Ausgleichselement vorgesehen ist, das bei einer möglichen Phasenverschiebung bei der Taktung der beiden Einheiten (I, II) einen Positionsausgleich der jeweiligen Kolben der beiden Einheiten (I, II) bewirkt, um dadurch einen optimierten Phasengang zu bewirken.
2. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Ausgleichselement (120) diskret verstellbar ist.

3. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement (120) von einem um die als Drehkraftabgabeeinrichtungen (5', 5'') ausgeführten Wellen der beiden Einheiten (I, II) gelegten Zahnriemen gebildet ist, der für einen Ausgleichsvorgang um einen oder mehr Zähne verschiebbar gelagert ist.
(Fig. 11, Fig. 11A)
4. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement von einer Fixierungseinrichtung (122) gebildet ist, in der die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung (5,) treibenden Wellen (6, 6') der Einheiten (I, II) in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist. (Figur 12)
5. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Fixierungseinrichtung von einem Getriebekasten gebildet ist, in dem die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung (5; 5', 5'') treibenden Wellen (6, 6') der Einheiten in unterschiedlichen Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnrädern der Wellen gewährleistet ist.
6. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Fixierungseinrichtung von einer Abdeckplatte gebildet ist, in der die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung (5; 5', 5'') treibenden Wellen (6, 6') der Einheiten in unterschiedlichen

Positionen fixiert gelagert sind, wobei in jeder dieser Positionen ein Kämmen der Zahnräder der Drehkraftabgabeeinrichtung mit den jeweiligen Zahnräden der Wellen gewährleistet ist.

5

7. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen die eine Drehkraftabgabeeinrichtung (5; 5', 5'') treibenden Wellen (6, 6') der Einheiten in einem festen 10 Winkel von 135° oder 125° zueinanderstehend angeordnet sind, wobei jeder Welle (6, 6') für jede dieser Winkelanordnungen eine betreffende Bohrung A, A' bzw. B, B' zugeordnet ist. (Fig. 12, Fig. 12A)

15 8. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement (240, 241) kontinuierlich verstellbar ist. (Fig. 13)

Wirkung:

Dadurch wird eine sehr schnelle Leistungsänderung 20 ermöglicht.

Des weiteren wird dadurch eine Motorbremsung ermöglicht, indem mittels einer steuerbaren Verstelleinrichtung eine ausreichend große Fehl-Phasenverschiebung herbeigeführt wird.

25

9. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichselement als zwei verschiebbare Rollen (240, 241) ausgebildet ist, die zwischen den beiden Drehkraftabgabeeinrichtungen (5', 5'') 30 der beiden Einheiten (I, II) angeordnet sind und über einen Zahnriemen mit den Drehkraftabgabeeinrichtungen (5', 5'') treibend verbunden sind, wobei die verschiebbaren Rollen (240, 241) bei mutuell änderbarem Abstand in einer Richtung

senkrecht zur Verbindungsleitung der Drehkraftabgabe-einrichtungen (5', 5'') reziprozierbar verschiebbar sind.

10. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 9,
5 dadurch gekennzeichnet, dass die beiden verschiebbaren
Rollen (240, 241) als Excenterrollen ausgeführt sind.

11. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster
10 Einlassschlitz (130) eines sich diametral
gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars (130, 130')
eines ersten Zylinders (3) und ein erster Auslassschlitz
(140) eines sich diametral gegenüberliegenden ersten
Auslassschlitzpaars (140, 140') des ersten Zylinders (3)
15 0,5° bis 8° voneinander getrennt sind und ein zweiter
Einlassschlitz (130') des sich diametral gegenüberliegenden
ersten Einlassschlitzpaars (130, 130') und ein zweiter
Auslassschlitz (140') des sich diametral gegenüberliegenden
ersten Auslassschlitzpaars (140, 140') in einem
20 Winkelabstand von etwa 55° bis 95° voneinander getrennt
sind. (Energieoptimierter Betrieb der Vorrichtung)
(Fig. 14, 14A , 14B)

12. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 11,
25 dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Einlassschlitz
(130) des sich diametral gegenüberliegenden ersten
Einlassschlitzpaars (130, 130') und ein erster
Auslassschlitz (140) des sich diametral gegenüberliegenden
ersten Auslassschlitzpaars (140, 140') 4° voneinander
30 getrennt sind.

13. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein

zweiter Einlassschlitz (130') des sich diametral gegenüberliegenden ersten Einlassschlitzpaars (130, 130') und ein zweiter Auslassschlitz (140') des sich diametral gegenüberliegenden ersten Auslassschlitzpaars (140, 140')
5 in einem Winkelabstand von etwa 77° voneinander getrennt sind.

14. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster
10 Einlassschlitz (131) eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars (131, 131') eines zweiten Zylinders (3') und ein erster Auslassschlitz (141) eines sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars (141, 141') des zweiten Zylinders (3')
15 in einem Winkelabstand von etwa 25° bis 45° voneinander getrennt sind und ein zweiter Einlassschlitz (131') des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars (131, 131') und ein zweiter Auslassschlitz (141') des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars (141, 141') in einem
20 Winkelabstand von etwa 30° bis 60° voneinander getrennt sind. (Figur 15, 15A, 15B)
(Energieoptimierter Betrieb der Vorrichtung)

25 15. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Einlassschlitz (131) des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars (131, 131') und ein erster Auslassschlitz (141) des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars (141, 141') in einem
30 Winkelabstand von etwa 34° voneinander getrennt sind

16. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Einlassschlitz (131') des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Einlassschlitzpaars (131, 131') und ein zweiter Auslassschlitz (141') des sich diametral gegenüberliegenden zweiten Auslassschlitzpaars (141, 141') in einem Winkelabstand von etwa 47° voneinander getrennt sind.
- 10 17. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dass alle Einlassschlitze und Auslassschlitze im Zylinderkopf (33; 33') eines jeweiligen Zylinders (3; 3') ausgebildet sind.
- 15 18. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem oder mehr der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Wärmespeichereinrichtung vorgesehen ist, die mit der Heizeinrichtung und der Kühleinrichtung gekoppelt ist.
- 20 19. Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem oder mehr der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Einheiten so angeordnet sind, dass ein Teil der Einrichtung (5, 102, 103), von dem die Drehkraft des Kreiskolbenmotors (100) abnehmbar ist, von beiden Einheiten (I, II) betrieben ist, und eine Heizeinrichtung, eine Wärmespeichereinrichtung und eine Kühleinrichtung in Verbindung mit einem Rohrsystem vorgesehen sind, durch das Einlassschlitze und Auslassschlitze der Hubräume des mindestens einen Zylinders (3) der Einheiten (I, II) miteinander verbunden sind.

20. Verwendung einer Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Wärmepumpe, unter Zuführung von Rotationsenergie auf die Drehkraftabgabeeinrichtungen (5; 5', 5'').

5

21. Verwendung einer Kreiskolben-Wärmemotor-Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Kältemaschine, unter Zuführung von Rotationsenergie auf die Drehkraftabgabeeinrichtungen (5; 5', 5'').

10

* * * *

15

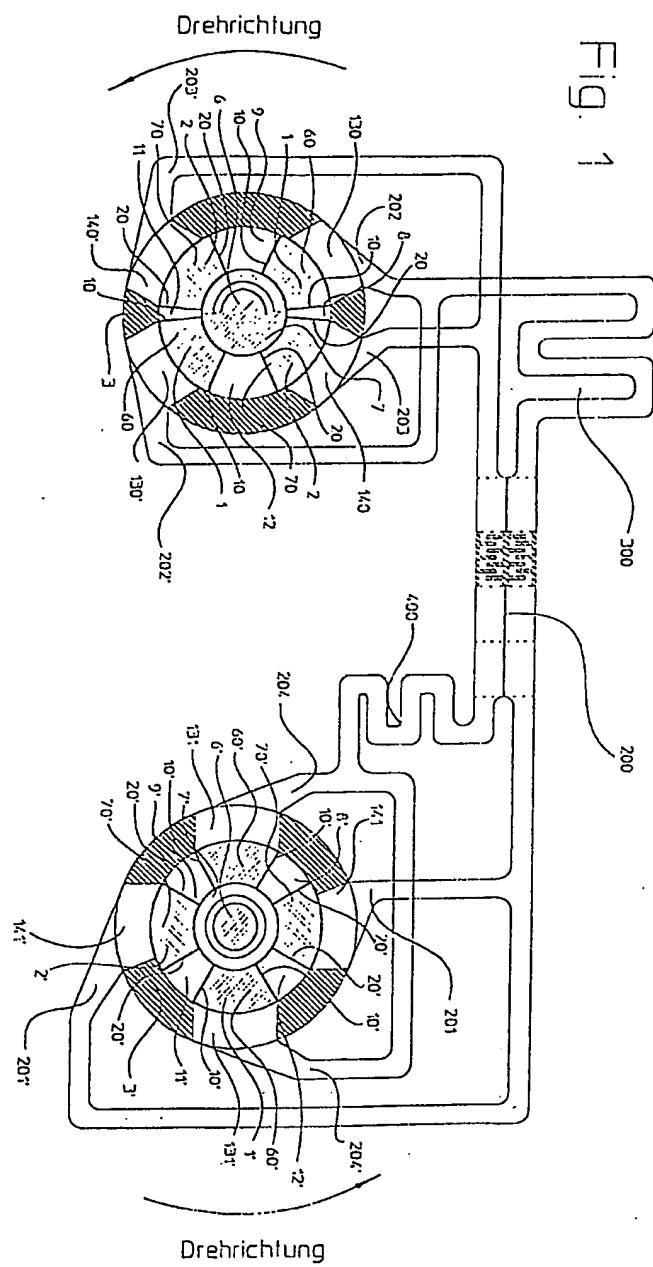
20

25

30

35

40



四
七

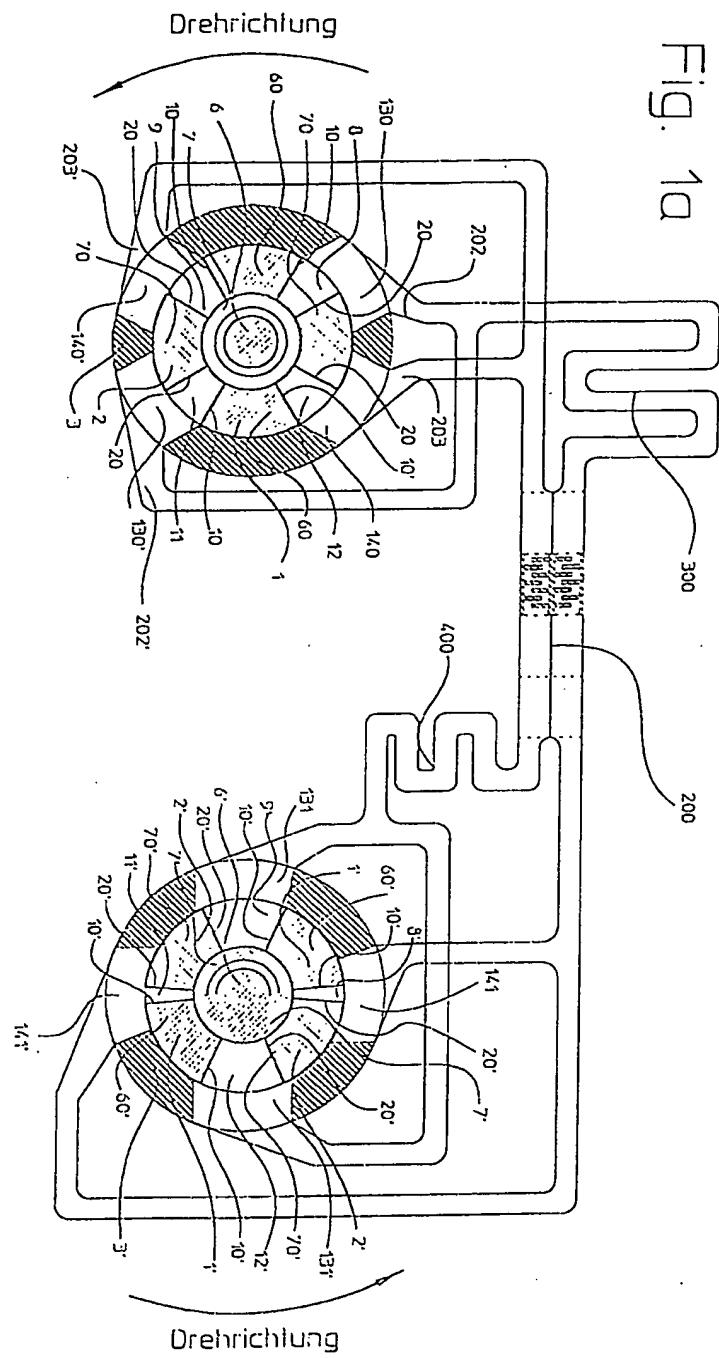
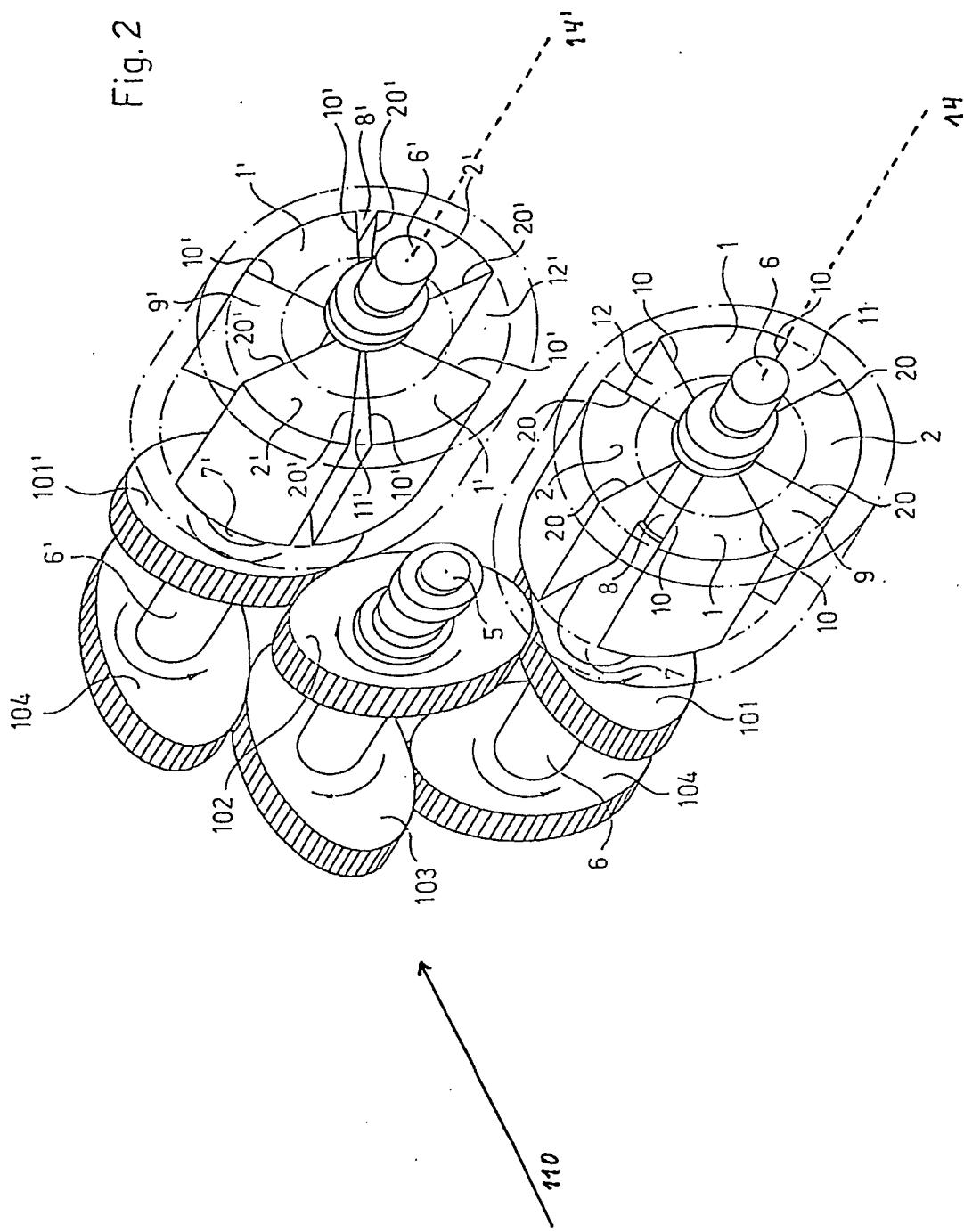
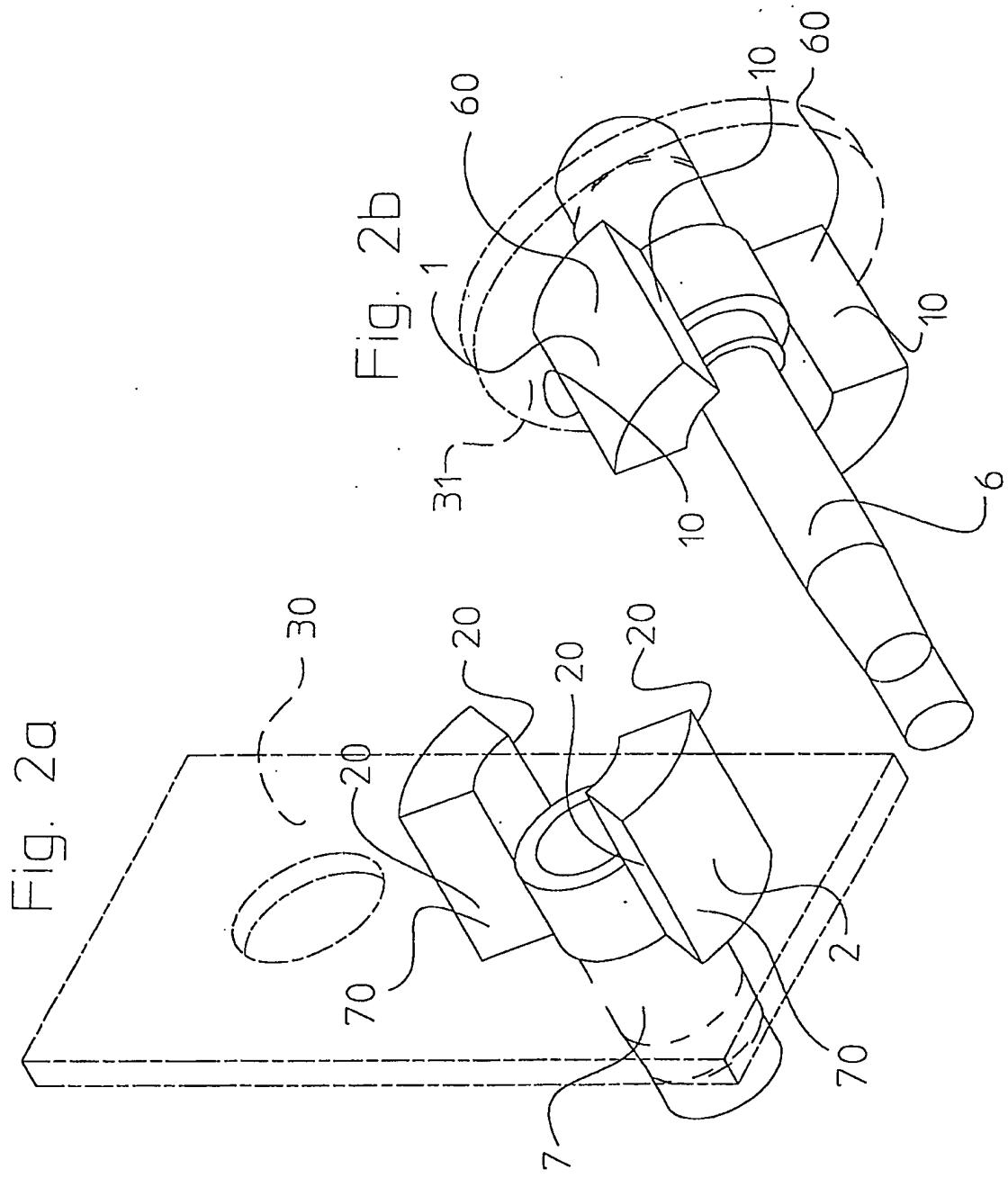


Fig. 2





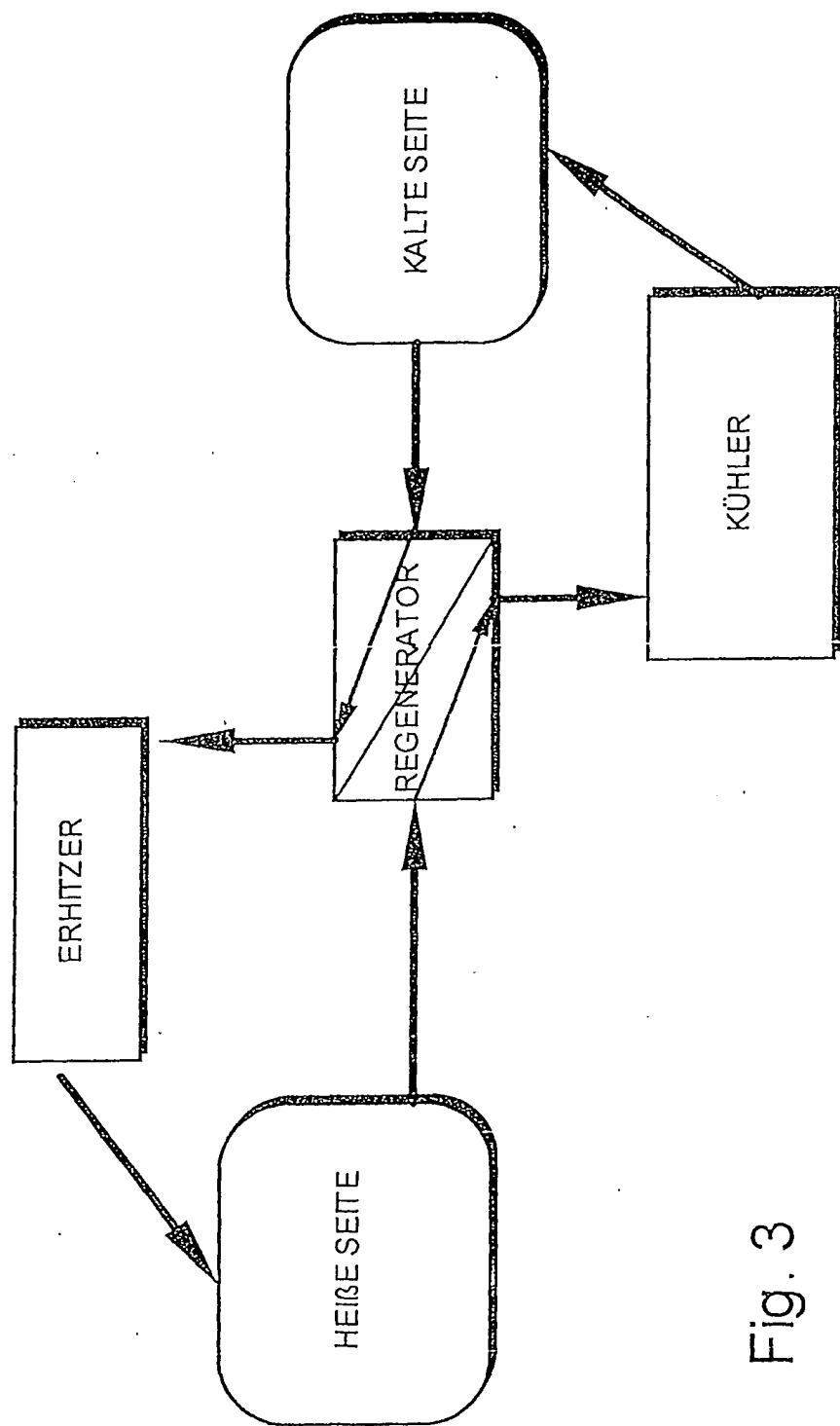


Fig. 3

Fig. 4

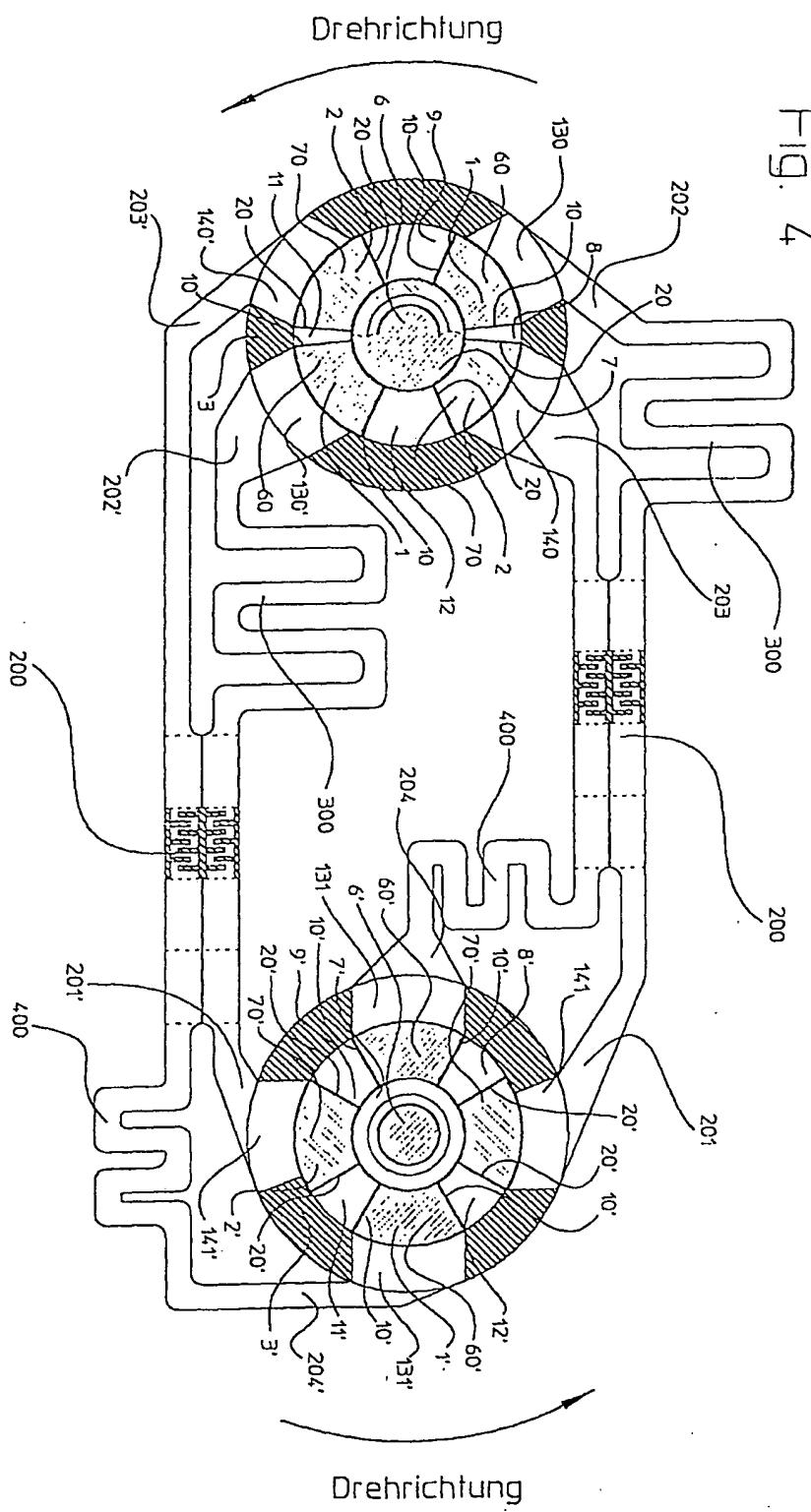
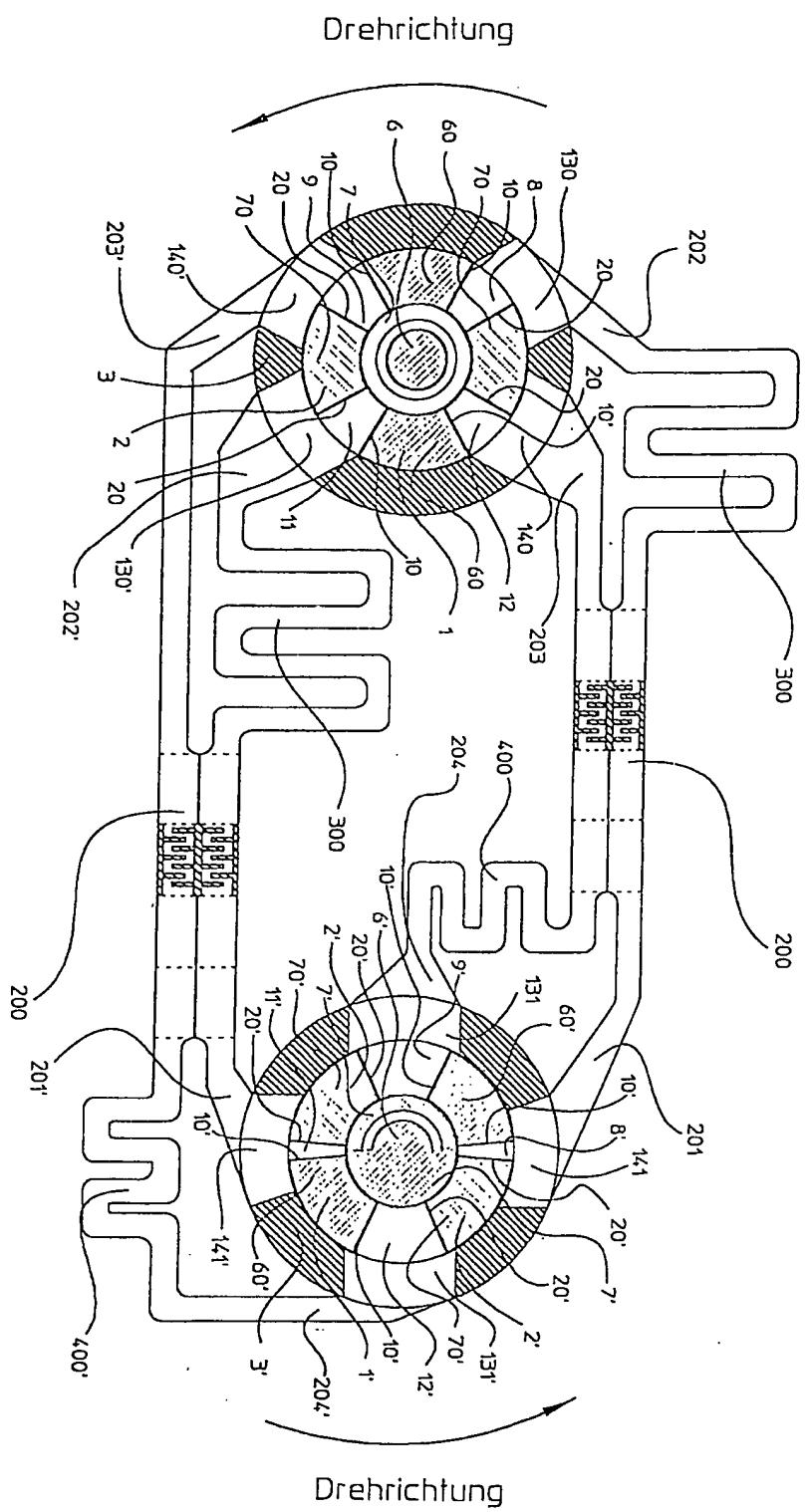


Fig. 4A



四

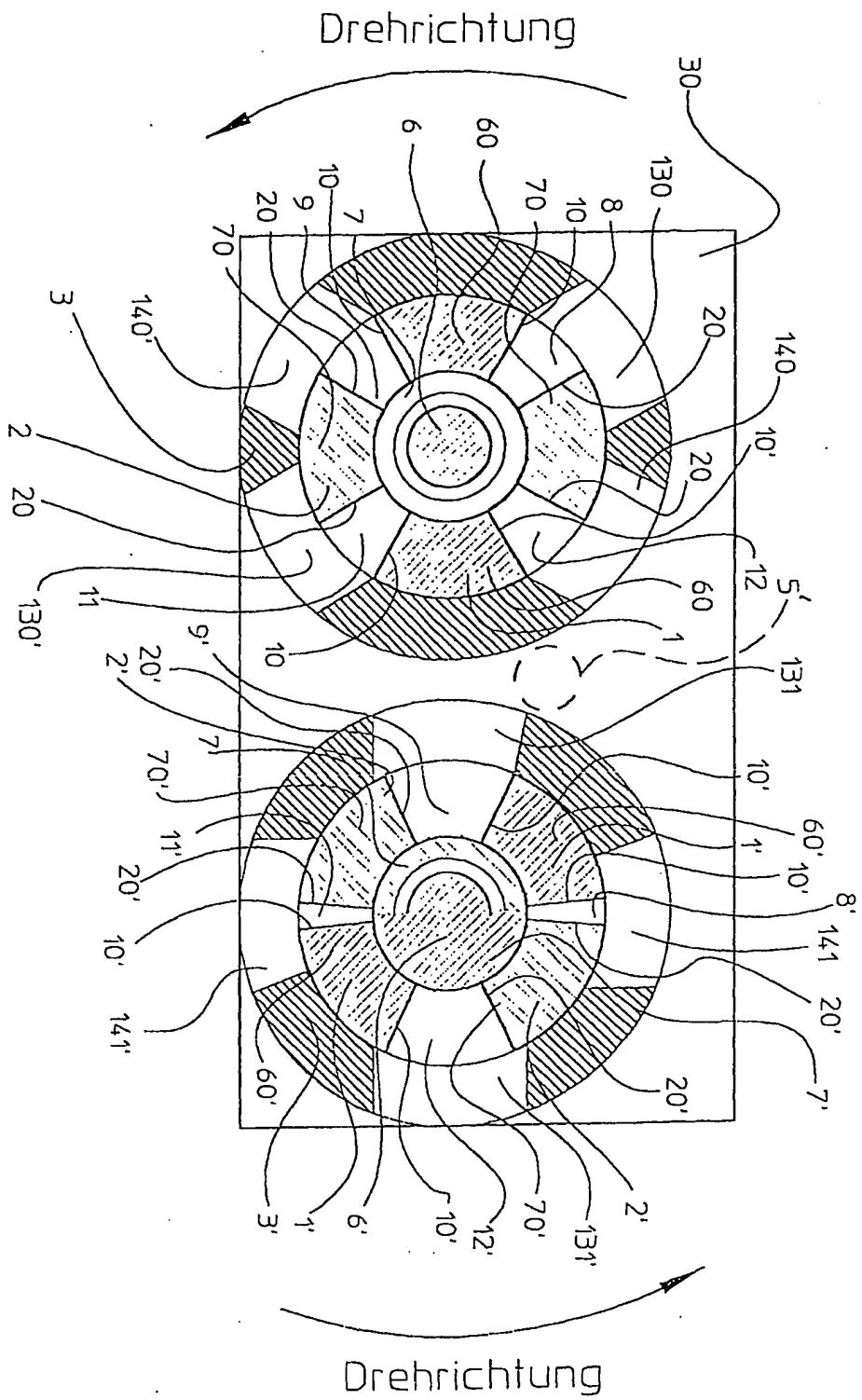


Fig. 6		Reg = Regenerator	Zyl = Zylinder	Arbeitsgas	GESAMTE S VOLUMEN	DRUCK	SCHLITZE	Temperatur ZYL. 100	ZYL. 101	ARBEITSRAUME	ARBEITSGAS
ARBEITSZYKLUS	STAND	Gasverlauf									
0	1	Expandiertes AG ist in Zylinder 3	1	groß	gering	0		mittel	groß	mittel	
	1-2	AG wird durch Reg und Kühler gepresst (von Zyl. 3 nach Zyl. 3')		gleichbleibend	verringert sich	140 ▼ 131	isochore Temperaturveränderung	verringert sich	vergrößert sich		
1	2	Expandiertes AG ist jeweils zur Hälfte in den Zyl. 3 / 3'	2	groß	sehr gering	140 ▼ 131	gering	mittel	groß		
	2-3	AG wird ganz in Zyl. 3' gepresst und vorkomprimiert		verringert sich	vergrößert sich	140 ▼ 131	adiabatische Temperatursteigerung	verringert sich	verringert sich		
2	3	AG ist in Zyl. 3' (vorkomprimiert)	2	gering	mittel	0	isochore Temperatursteigerung	verringert sich	0	mittel	
	3-4	Zyl. 3' nach Zyl 3 (durch Reg. und Erhitzer)		gleichbleibend	vergrößert sich	141 ▼ 130	höchstes Temperaturniveau	vergrößert sich	verringert sich		
3	4	Rohrverbindung 141 - 130 bleibt bestehen. Das AG drückt beide Hubräume auseinander	3	gering	höchstes Druckniveau	141 130	höchstes Temperaturniveau	mittel	0		
	4-1	AG expandiert, der größte Teil bleibt in Zyl. 3 => Arbeitstakt		vergrößert sich	verringert sich	140 ▲ 130 ▼ 130	adiabatische Temperaturveränderung	vergrößert sich	vergrößert sich		
4	1	Expandiertes AG ist in Raum 1 (Zyl. 3)	1	groß	gering	0	mittel	groß	mittel		

Anlagen zur Tabelle

Anlage 1

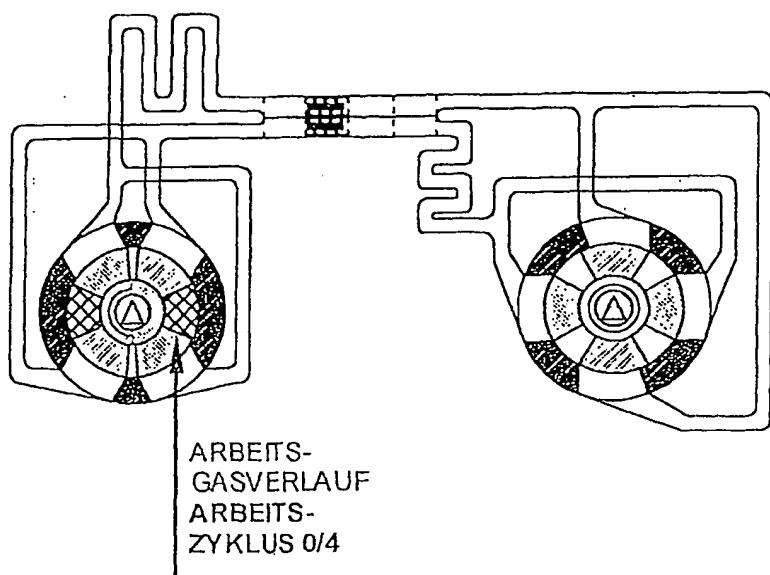


Fig. 7

Anlage 2

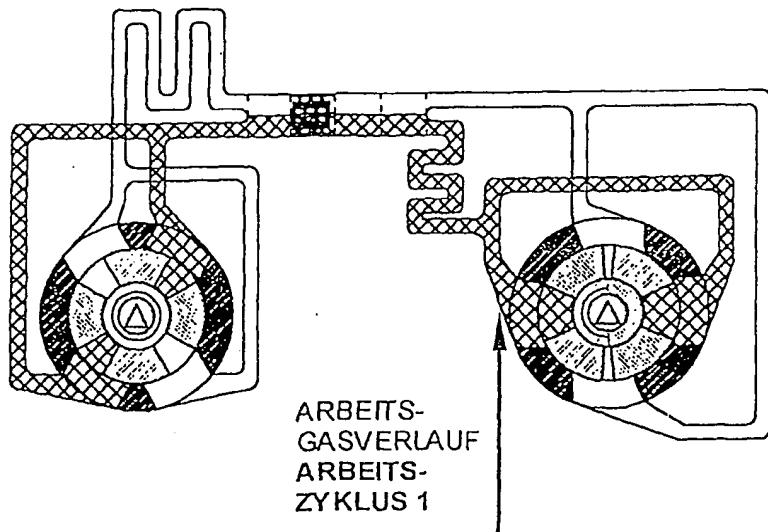


Fig. 8

Anlage 3

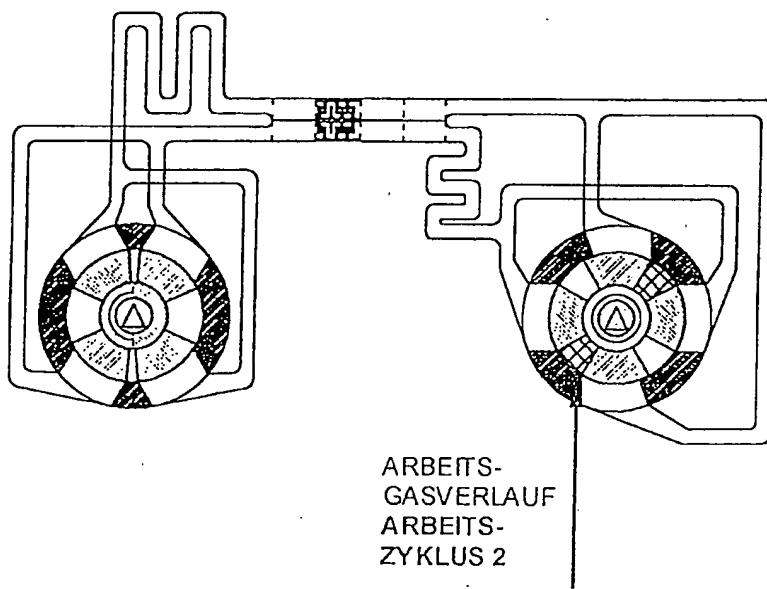


Fig. 9

Anlage 4

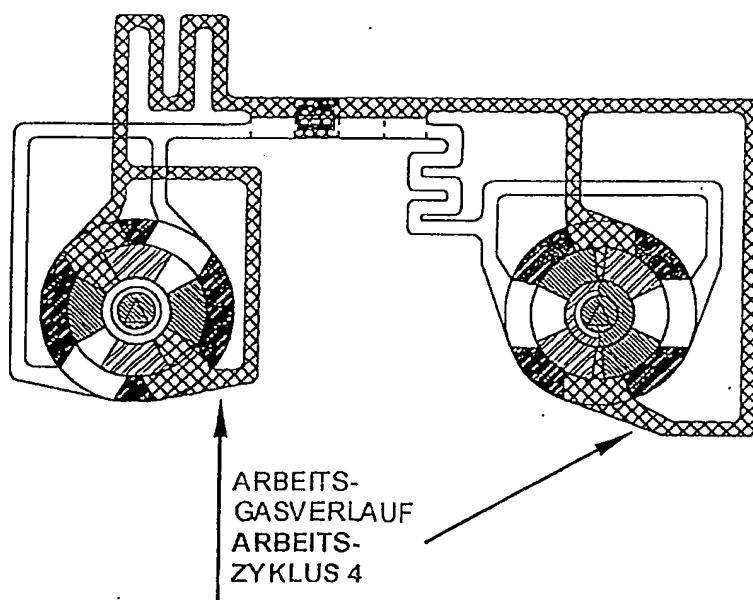
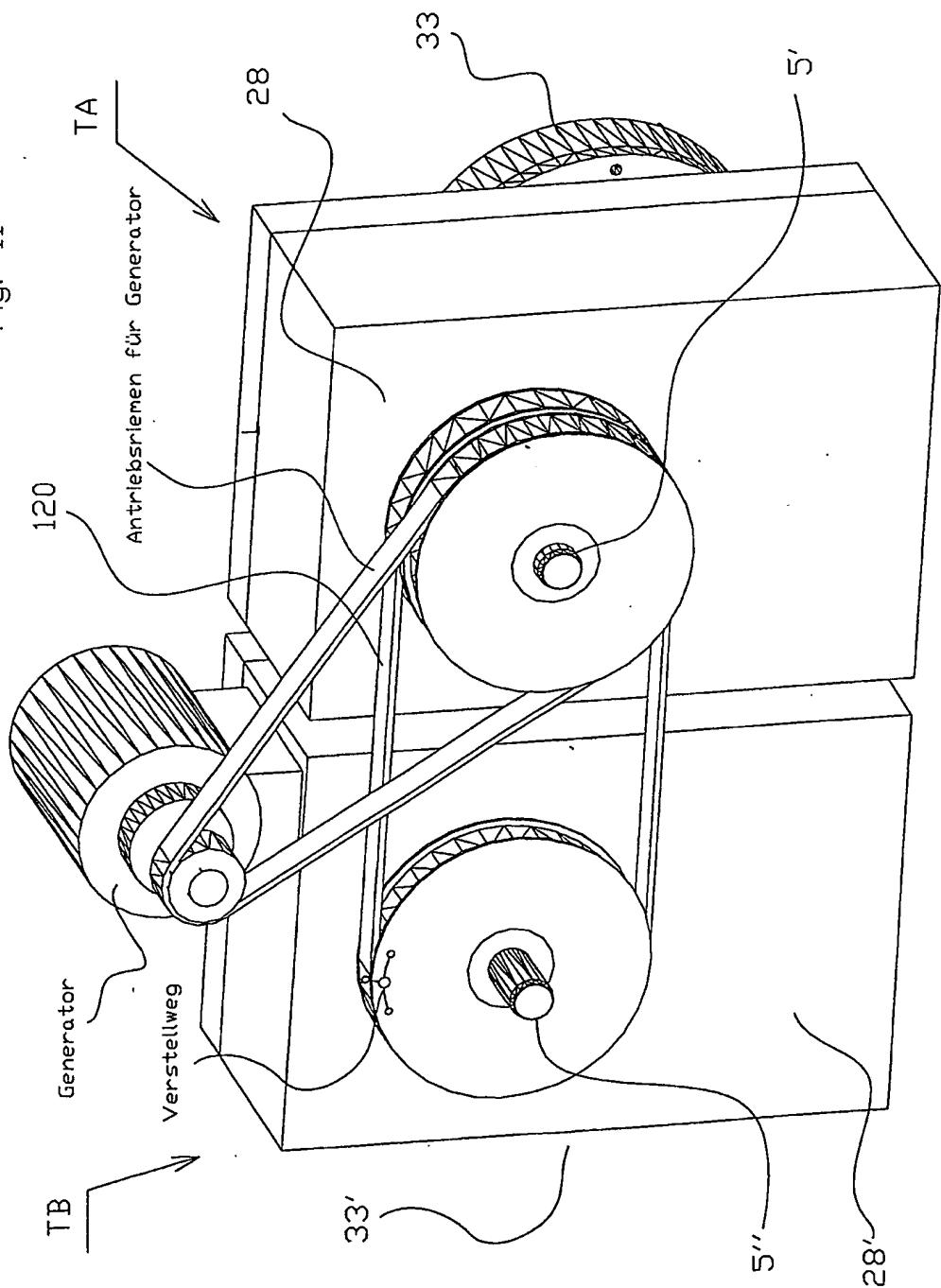


Fig. 10

Fig.: 11



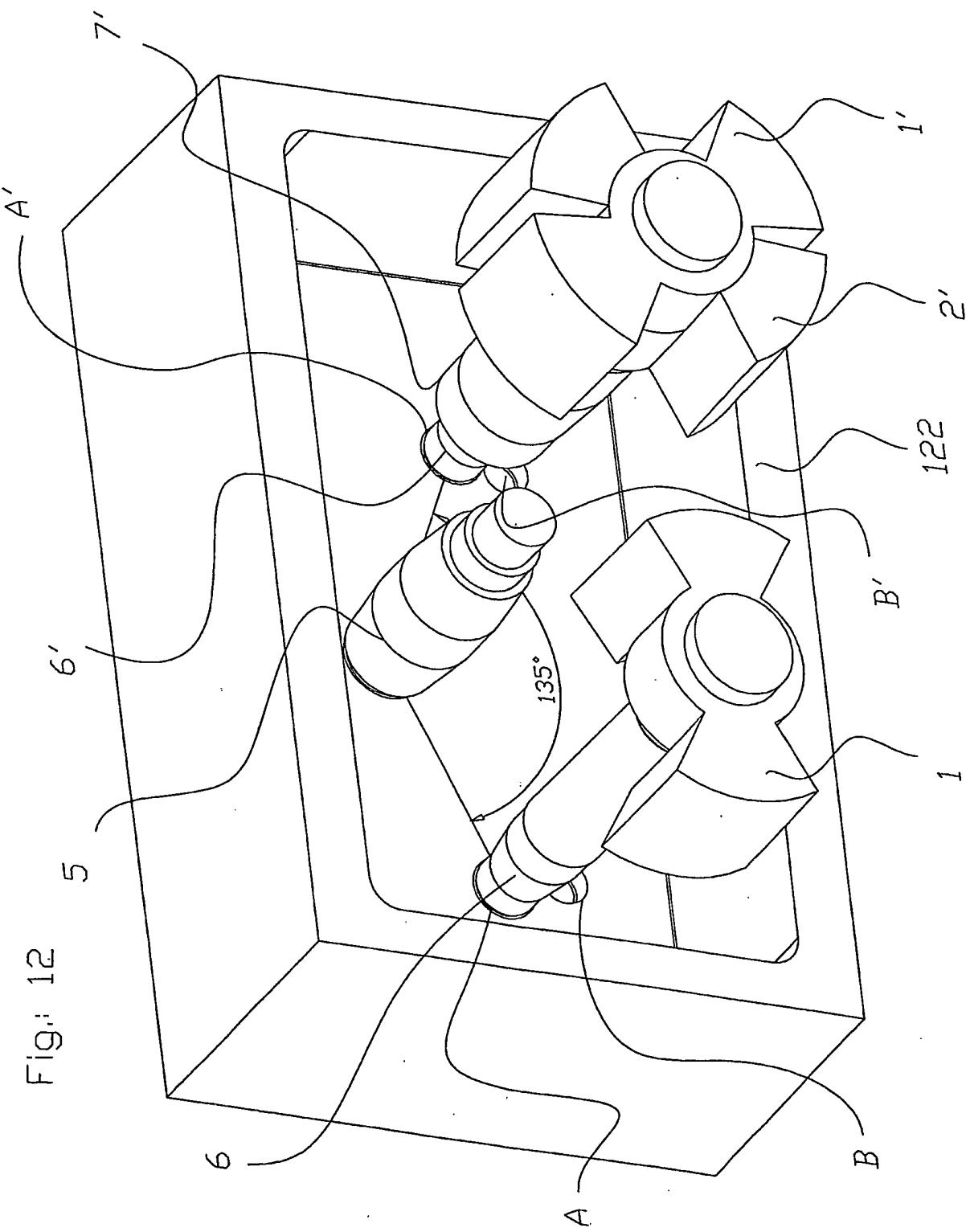
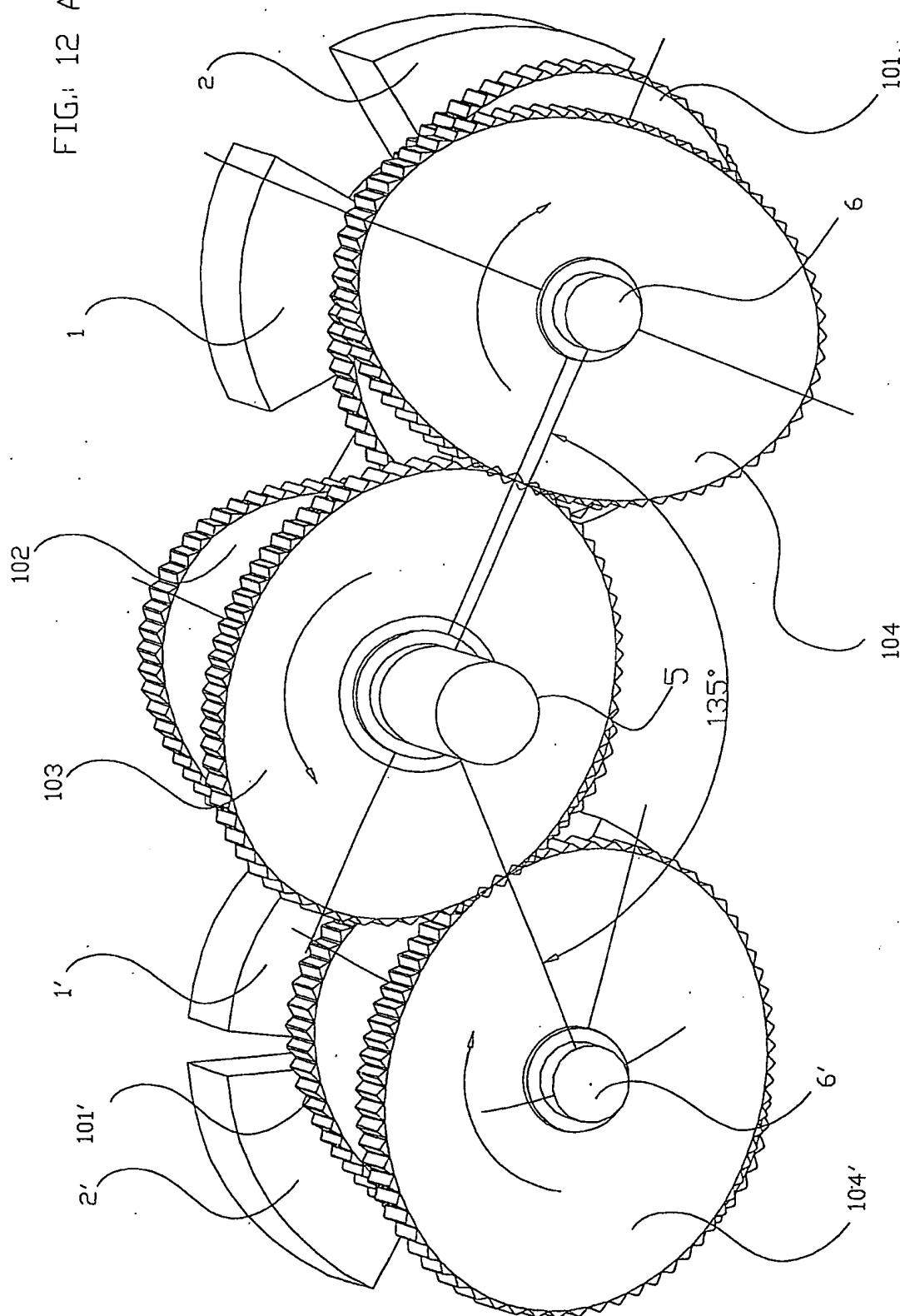


FIG.: 12 A



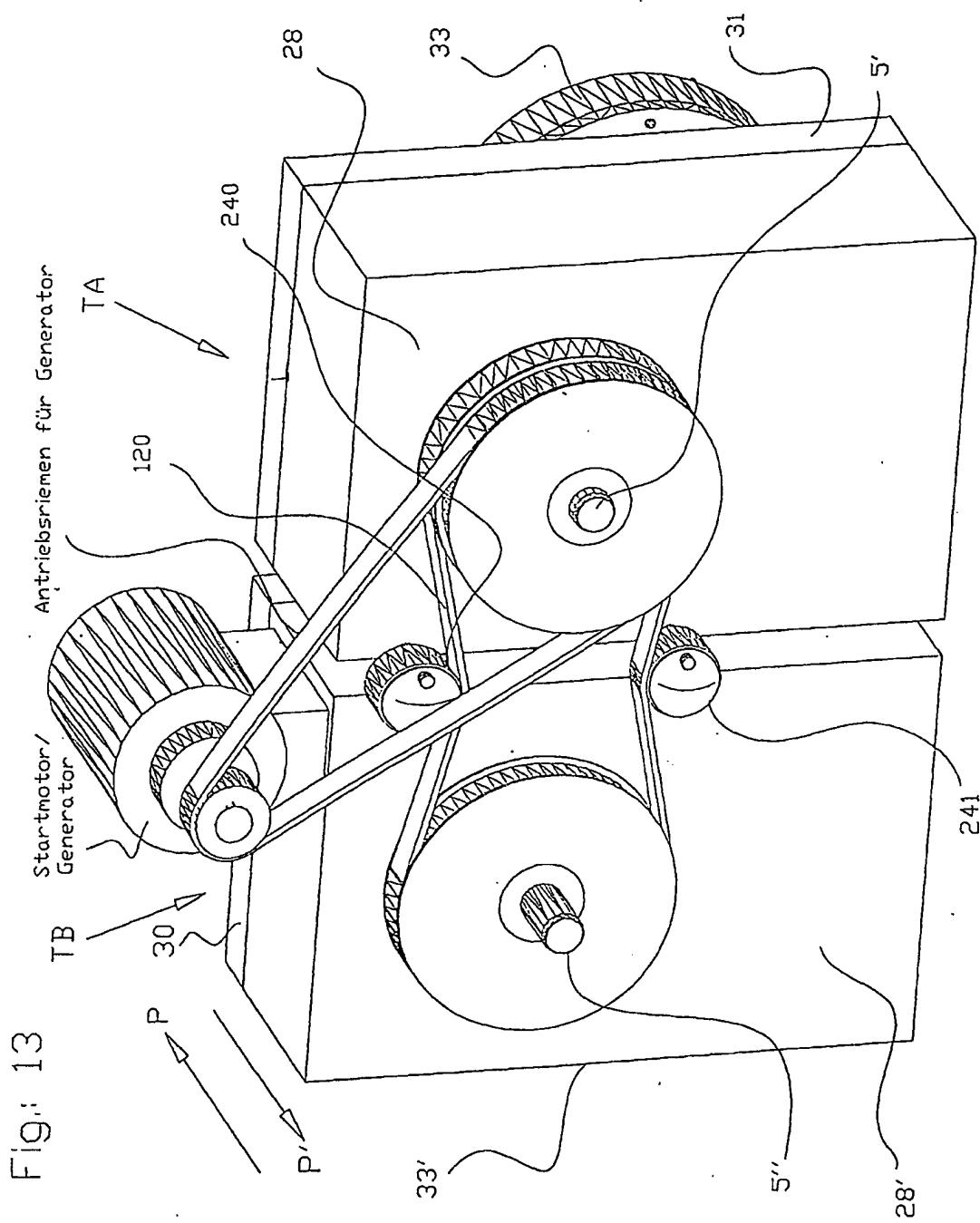


Fig.: 14

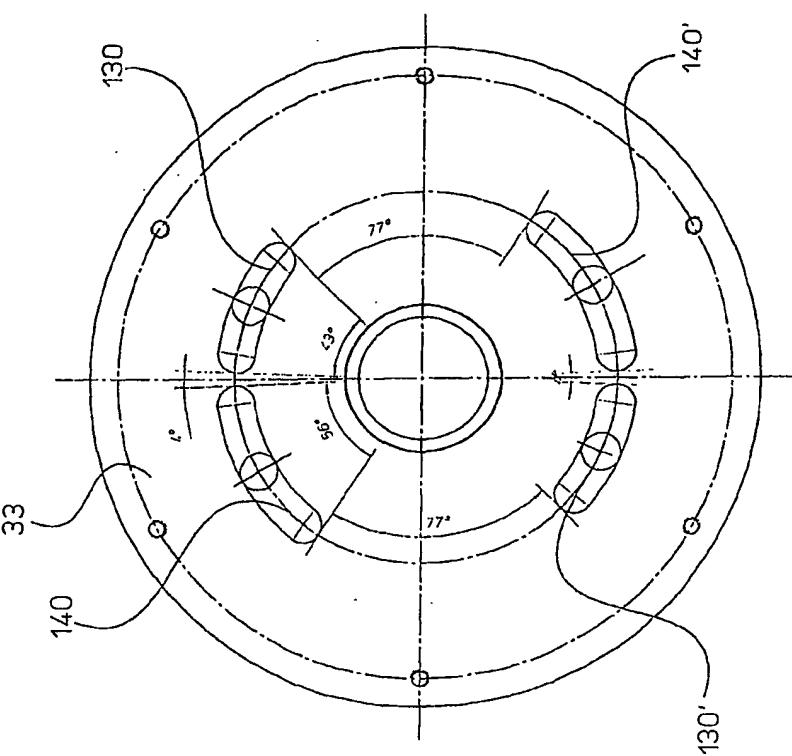


Fig.: 14A

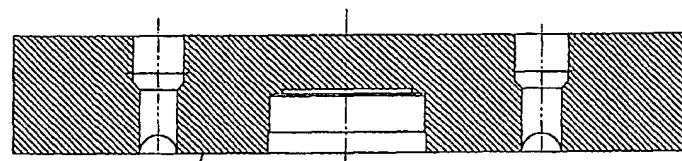
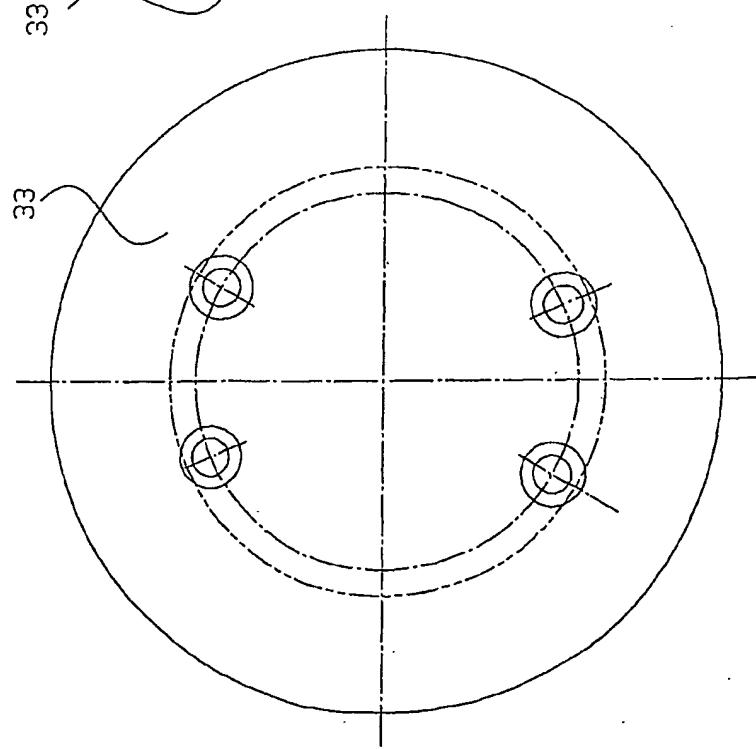


Fig.: 14B



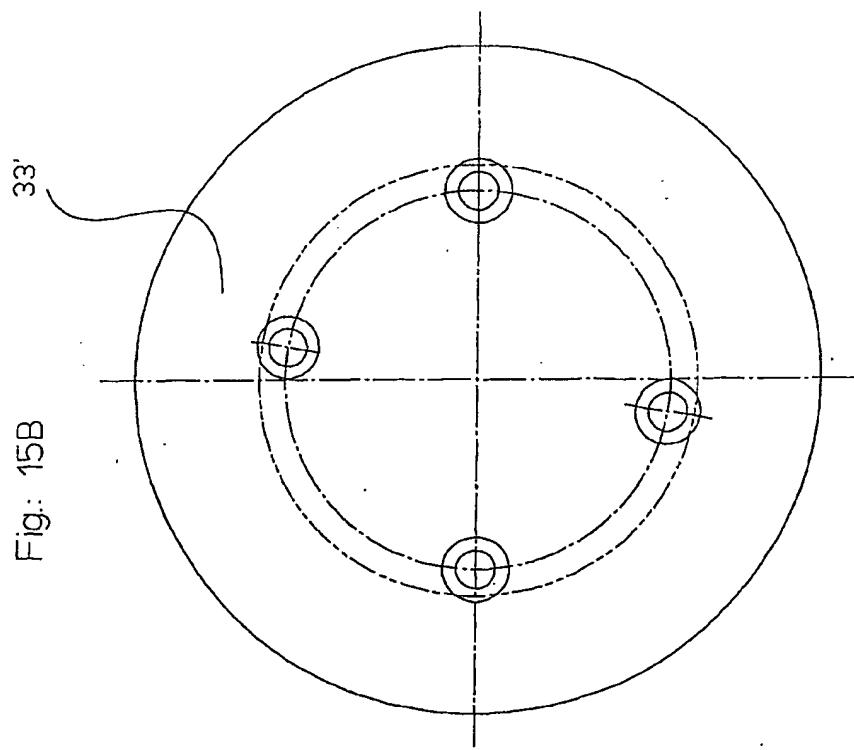
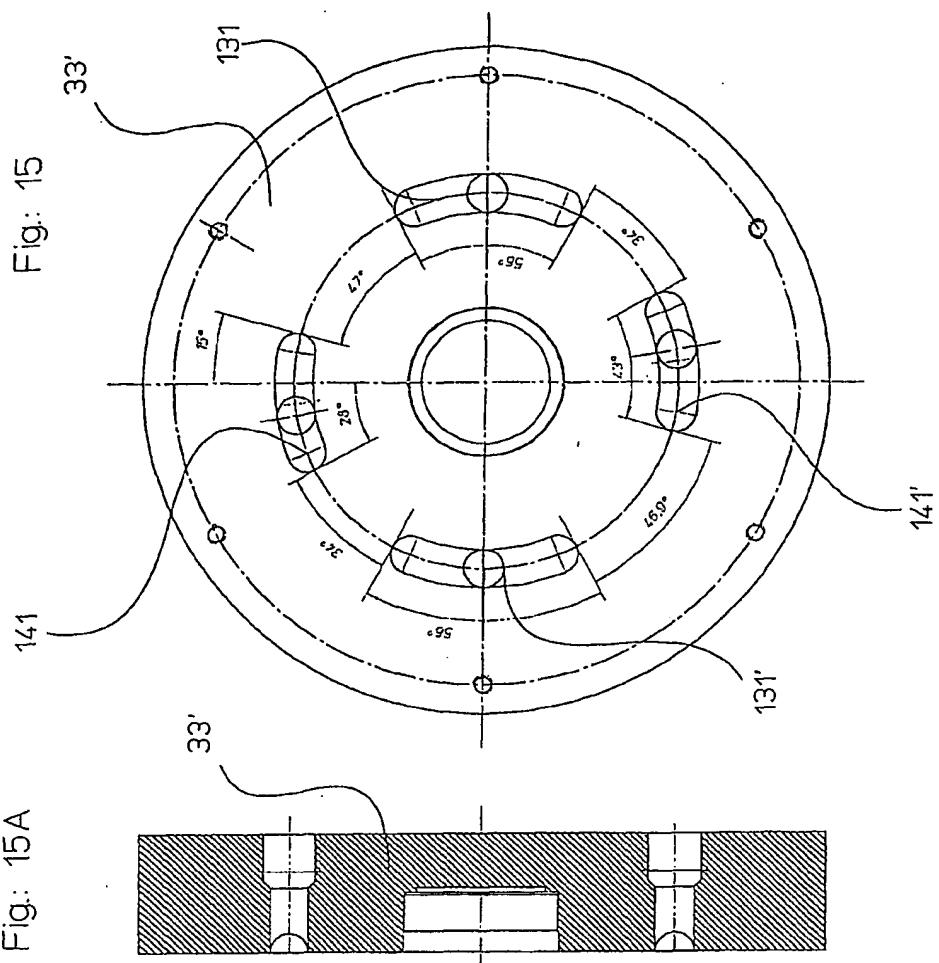


Fig.: 16

